



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL

SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN QUÍMICA INDUSTRIAL

Título:

Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Autoras:

Bra. Ana Cristhiam Díaz Blandón.

Bra. Andreina Margarita Poveda Gutiérrez.

Tutor:

Esp. José Luis Prado Arroliga.

Managua, Agosto del 2022

ASPECTOS GENERALES





*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

TÍTULO

Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022



DEDICATORIA

Este seminario está dedicado a:

Primeramente, Dios por haberme permitido la vida, sabiduría, por darme la fuerza para haber logrado uno de mi anhelo más deseados en mi vida.

A mi padre ***Reynaldo José Díaz Argeñal*** y a mi madre ***Luz Marina Blandón*** quienes con su esfuerzo y paciencia me han permitido llegar a cumplir una de mis metas, gracias por inculcar en mi valentía, perseverancia, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevo en mi corazón.

Ana Cristhiam Díaz Blandón.



A Dios

Gracias por manifestar sobre mí su misericordia y darme la gran bendición de llenarme de fuerza en cada etapa durante el trayecto de mi vida y permitirme llegar hasta esta parte con Éxito.

A mis familiares

Gracias a mis padres *Andrea Gutiérrez e Israel Poveda* que gracias a sus esfuerzos y buenos consejos he logrado culminar mi carrera, agradezco por formarme con buenos valores y perseverancia ante todo bajo la dirección de Dios. Gracias por ser los principales promotores de este sueño, por su ayuda incondicional, y a agradezco a todas las personas que estuvieron siempre presente en este logro. A mis abuelos, tíos agradezco enormemente.

Amistades y docentes

Por estar en todo momento ayudando, por sus consejos y su compañía a lo largo mi carrera universitaria, fue un placer coincidir con cada uno de ellos, agradezco también por su amistad, sus consejos y el apoyo brindado durante estos años, de igual manera le agradezco al MSc. José Luis Prado Arroliga que además de ser el tutor, es un excelente maestro y amigo, a mi compañera de seminario. Agradezco también a todos los profesores que me impartieron clases en los años de esta carrera, los que todavía siguen laborando, y los que ya se retiraron, gracias a cada uno de ellos por el apoyo y la motivación.

Andreina Margarita Poveda Gutiérrez.



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, por su gran amor y misericordia que nos regala la vida y sabiduría, para alcanzar cada una de las metas emprendidas, a Él, la honra, el honor y el poder, Infinitamente Gracias.

Al MSc. José Luis Prado Arroliga por su apoyo incondicional en dicha tutoría de investigación, compartiendo su experiencia, conocimientos y su colaboración en todo el proceso de desarrollo, que hicieron posible la culminación de este trabajo investigativo.

A todos los docentes que nos guiaron en todo el periodo de nuestra formación académica y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Ana Crithiam Díaz Blandón & Andreina Margarita Poveda Gutiérrez.



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

CARTA AVAL DEL TUTOR



El presente trabajo de investigación titulada ***“Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022”***, ha sido realizado por las ***Bra. Ana Cristhiam Díaz Blandón y Andreina Margarita Poveda Gutiérrez***, bajo mi dirección ***MSc. José Luis Prado Arroliga*** doy fe de que la investigación es propiedad intelectual fidedigna y original de ellos, además que han cumplido con todas las disposiciones y requisitos académicos según el Capítulo III del Título IV del Reglamento del Régimen Académico Estudiantil para optar al título de Licenciatura en Química Industrial.

Managua, Agosto 2022

José Luis Prado Arroliga, Esp

Tutor

Docente Departamento de Química

UNAN-Managua



RESUMEN

La presente investigación tiene como principal objetivo Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, puesto que, el mucílago de cacao al ser un residuo potencialmente aprovechable en la agroindustria por su composición química rica en carbohidratos, encontrándose que por cada 153,2 gramos de glucosa contenidos en 1 000 gramos de mucílago se obtendrá un rendimiento del 49,70 % de sustrato con respecto a producto terminado (78,35 g C_2H_5OH), esto sin contar los azúcares restantes en la composición del mucílago. Para los análisis químicos del mucílago se proponen el pH, acidez, humedad, cenizas, grados Brix y azúcares reductores.

Se presentan por medio de bibliografía y análisis documental las condiciones de producción, el cual inicia desde el almacenamiento de la materia prima luego de ser extraída de la mazorca de cacao, la cual es fácilmente oxidada se requiere almacenar en frío, posterior durante el proceso de preparación del mosto se tamiza y lava en malla 40 y es macerado durante 1 semana, se inocula la levadura (5 g/L a 30 °C), se procede a llevar a cabo la fermentación anaeróbica durante un periodo máximo de 15 días a 25 °C; transcurrido este tiempo se somete a destilación durante 5 horas a 78 °C; el destilado se propone sea almacenado en barriles de roble durante un tiempo máximo de 6 meses para su añejamiento.

El producto terminado debe cumplir con los valores establecidos en la Norma Técnica de bebidas alcohólica-Aguardiente NTON 03 036-00, para poder asegurar el consumo del producto, y así cumplir con los requisitos para su distribución. Los análisis que deben realizarse son grado Alcohólico, pH, contenido de Metanol, total de congéneres, azúcares totales, metales contaminantes y características Organolépticas.

Palabra claves: mucílago, cacao, criollo, ron, destilación.



ÍNDICE

ASPECTOS GENERALES

TÍTULO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CARTA AVAL DEL TUTOR.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE.....	vii

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4

CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1. Descripción botánica del <i>Theobroma cacao L.</i>	5
2.1.1.1. Taxonomía.....	5
2.1.1.2. Morfología.....	5
2.1.2. Variedad.....	7
2.1.2.1. Criollo.....	8
2.1.2.2. Forastero.....	9
2.1.2.3. Trinitario.....	9
2.1.2.4. Hibridación.....	10



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

2.1.3.	Producción de cacao criollo en Nicaragua.	10
2.1.3.2.	Cosecha del cacao.....	12
2.1.4.	Mucílagos.	14
2.1.4.1.	Mucílago de cacao	15
2.1.4.2.	Composición química del mucílago del cacao	15
2.1.5.	Bebida alcohólica.	16
2.1.5.1.	Bebidas fermentadas.....	16
2.1.5.2.	Bebidas Destiladas.....	16
2.1.5.3.	Ron.....	17
2.1.6.	Materia prima.	18
2.1.6.1.	Requerimientos generales de calidad	18
2.1.6.2.	Requerimientos de materia prima para un buen destilado.....	18
2.1.6.3.	Componentes	18
2.1.7.	Mosto y su acondicionamiento.....	19
2.1.7.1.	Contenido inicial de azúcar	19
2.1.7.2.	Enzima péptica	19
2.1.7.3.	Dióxido de azufre	20
2.1.7.4.	Ajuste de acidez en el mosto	20
2.1.8.	Levaduras.	20
2.1.8.1.	Saccharomyce scerevisiae	21
2.1.9.	Fermentación.....	22
2.1.9.1.	Fermentación alcohólica.....	22
2.1.9.2.	Bioquímica de la reacción	23
2.1.9.3.	Recipientes de fermentación.....	23
2.1.9.4.	Interrupción del proceso de fermentación	24



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

2.1.9.5.	Etanol.....	24
2.1.10.	Destilación.....	24
2.1.10.1.	Factores a considerar	25
2.1.10.2.	Técnicas de destilación.....	25
2.1.11.	Añejamiento.....	26
2.1.11.1.	Recipientes en el proceso de envejecimiento	26
2.2.	ANTECEDENTES	27
2.3.	PREGUNTAS DIRECTRICES.....	29
CAPÍTULO III		
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO	28
3.1.1.	Descripción del ámbito de estudio.	28
3.1.2.	Tipo de estudio.....	28
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.2.1.	Población.....	28
3.2.2.	Muestra.....	29
3.2.2.1.	Criterios de inclusión.....	29
3.2.2.2.	Criterios de exclusión.....	29
3.3.	VARIABLES.....	29
3.3.1.	Variables independientes.....	29
3.3.2.	Variable dependiente.....	30
3.4.	MATERIALES	30
3.4.1.	Materiales para recolectar información.....	30
3.4.2.	Materiales para procesar la información.....	30
3.5.	MÉTODOS	31
3.5.1.	Método de investigación.	31



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

3.5.2.	Análisis físico químicos que deben realizarse al mucílago de cacao.	31
3.5.3.	Propuesta de proceso de elaboración del ron a partir del mucílago de cacao. ...	31
3.5.4.	Control de calidad del producto terminado.	31

CAPÍTULO IV

4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
4.1.1.	Análisis proximal para el mucílago de cacao.....	44
4.1.1.1.	Condiciones de mucílago para su análisis	45
4.1.1.2.	Preparación de capsulas de porcelana	45
4.1.1.3.	Determinación de pH.....	46
4.1.1.4.	Determinación de la acidez.....	46
4.1.1.5.	Determinación de humedad.....	46
4.1.1.6.	Determinación de cenizas.....	47
4.1.1.7.	Determinación de los sólidos solubles.....	47
4.1.1.8.	Determinación de azúcares reductores.	48
4.1.2.	Propuesta de proceso de producción de ron a base de mucílago de cacao.....	48
4.1.2.1.	Recepción y almacenamiento de la materia prima	48
4.1.2.2.	Preparación del mosto y maceración	49
4.1.2.3.	Preparación del inóculo	50
4.1.2.4.	Proceso de fermentación.....	50
4.1.2.5.	Proceso de destilación	50
4.1.2.6.	Tiempo de envejecimiento.....	51
4.1.3.	Análisis físico-químico y organoléptico del producto final según las especificaciones de la Norma NTON 03 036-00.....	52
4.1.3.1.	Determinación del grado Alcohólico.....	52
4.1.3.2.	Determinación final del pH	52



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

4.1.3.3.	Determinación del contenido de Metanol.....	52
4.1.3.4.	Determinación del total de congéneres.....	52
4.1.3.5.	Determinación de azúcares totales	53
4.1.3.6.	Determinación de metales contaminantes	53
4.1.3.7.	Análisis de las características Organolépticas	53

CAPÍTULO V

5.1.	CONCLUSIONES.....	54
5.2.	RECOMENDACIONES	55
5.3.	BIBLIOGRAFÍA	56

ANEXOS

Anexo 1.	Imágenes del marco teórico.....	1
Anexo 2.	Flujograma de proceso de producción.....	3



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Delimitación de las subespecies de <i>Theobroma cacao</i>	7
Tabla 2. Clasificación de bebidas alcohólicas.....	16

ΚΑΠÍTΥΛΟ Ι





1.1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la producción de cacao históricamente ha sido una actividad tradicional en las zonas boscosas como Nueva Guinea, Bluefields, Kukra Hill, Zona de Las Minas (Siuna, Bonanza y Rositas), Waslala, Río Coco, Matagalpa, Jinotega y Rivas. Actualmente la producción de esta planta incrementó gracias al precio ofertado en el extranjero. Por lo que, el cacao es uno de los cultivos más representativos de Nicaragua, sin embargo, no todo el fruto de cacao como tal es aprovechado industrialmente, pues en gran mayoría solo se aprovecha el grano de cacao para exportación (aproximadamente 1 000 toneladas métricas por año) y elaboración de chocolate artesanal.

Durante el procesamiento de su fruto potencialmente valioso, se genera la mazorca, los granos de descarte, la cascarilla del grano, el mucílago y la torta, considerados como desechos del fruto, estos cuentan con gran potencial de aprovechamiento a nivel de laboratorio, microempresa o industrial. Al ser el mucílago de cacao criollo un residuo que puede ser utilizado como fuente de materia prima para elaborar diferentes productos, ya que en la actualidad se deposita en los suelos cercanos a las áreas de fermentación de las semillas en las diferentes cooperativas productoras de cacao se desperdicia como potencial fuente de ingreso.

Ante lo mencionado, y conociendo por la teoría que este residuo es rico en azúcares se promueve presente investigación, que tiene como principal objetivo proponer el aprovechamiento del mucílago de cacao criollo como materia prima para la producción de ron, por lo que se describe las características de este residuo que permiten su uso como materia prima en el rubro de las bebidas alcohólicas fermentadas, como debe ser tratada para su entrada, etapas y condiciones de producción de ron, además, presentar los análisis físicos y químicos que deben realizarse tanto a materia prima como a producto terminado, basados en las normativas nicaragüenses.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Nicaragua el cacao es uno de los frutos más explotados en el comercio, un porcentaje significativo es exportado, el resto es comercializado y pequeñas cantidades procesado a nivel nacional, generando residuos orgánicos que deben ser tratados y revalorizados. A nivel nacional se dispone de una buena cantidad de materia prima potencial, ya que la mayoría de cooperativas y microempresas optan por desechar los residuos orgánicos en vertederos controlados o sirven de alimento para animales sin tener un mayor beneficio.

Durante el proceso de extracción de las semillas, la cubierta blanca que se encuentra alrededor de la semilla se desprende, el cual se conoce como mucílago de cacao, este muchas veces es descartado, desperdiciado y no tienen ningún uso significativo por los productores, según Uribe (2020) la generación de este residuo, al ser depositado en las plantaciones podría provocar alteraciones en las características del suelo modificando el pH por acción de microorganismos.

El mucílago de cacao criollo es un subproducto el cual puede ser utilizado como principal materia prima para generar otros productos y obtener beneficios, entonces ¿Cuáles son las condiciones operacionales para que una cooperativa nacional pueda aprovechar este subproducto como materia prima en la producción de ron?

Ante lo mencionado como delimitación del problema se procede a formularse las siguientes preguntas que permiten enfocarse en la situación que debe ser resuelta:

1. ¿Cuáles son las propiedades químicas del mucílago de cacao criollo que permiten su potencial uso como materia prima?
2. ¿Qué condiciones teóricamente eficientes se requieren para que una cooperativa nacional pueda producir ron a base del mucílago de cacao criollo?
3. ¿Qué requerimientos de calidad que debe cumplir el ron que se propone a elaborar?



1.3. JUSTIFICACIÓN

Nicaragua tiene buen desempeño como productor en diversos rubros y el de la producción de cacao no es la excepción, es importante potenciar las materias primas, no solo utilizando la proporción de mayor interés o más característica del fruto, sino también aprovechar la cantidad considerable de residuos que se generan como el mucílago, transformándolos en productos con un valor añadido y de beneficio al país.

La presente investigación se basa principalmente en proponer a los dueños de cooperativas y microempresas el incentivo de explotación del mucílago que se desecha durante el proceso para obtener las semillas secas, utilizadas en la producción de chocolate y derivados, promoviendo una fuente renovable que presenta muchas ventajas; permite la disminución de contaminación en suelos pertenecientes a las cooperativas, brindando así, valor agregado al mucílago, utilizándolo como materia prima para la elaboración de una bebida alcohólica como lo es el ron.

Además de que esto promoverá vacantes de trabajo, necesitando personal para elaborar los procesos de dicho producto. Además, que los propietarios, productores y campesinos tendrán un beneficio extra, ya que, en lugar de desechar el mucílago, se le dará un valor agregado y recibirán un ingreso más a partir de este material que no les generaba ningún beneficio.

Para ello, se aborda el estudio para la estandarización de un proceso que nos permita formular ron a partir del mucílago de cacao criollo de calidad, y con las mejores características organolépticas, se estaría contribuyendo con la reducción de los “residuos o subproductos” del cacao, evitando que este tipo de materiales sean descartados o tomados como inservibles y también se contribuiría significativamente al aprovechamiento de la producción del cacao, teniendo como resultado la comercialización y venta de una bebida alcohólica que se encuentra siempre en constante demanda.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general.

Proponer el aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022.

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Describir las propiedades químicas del mucílago de cacao criollo que potencia su aprovechamiento para producir ron.
2. Explicar las condiciones operacionales para la producción de ron a partir del mucílago de cacao criollo.
3. Presentar los controles de calidad requeridos para ron a partir de mucílago de cacao criollo, según las especificaciones de la Norma Técnica de bebidas alcohólica-Aguardiente NTON 03 036-00.

ΚΑΠÍΤΥΛΟ ΙΙ





2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Descripción botánica del *Theobroma cacao L.*

2.1.1.1. Taxonomía

Theobroma pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae (antes Sterculiaceae) y comprende 22 especies en seis secciones (Figura 1, Anexo 1). Todas las especies crecen bajo el dosel de bosques tropicales lluviosos. Las especies del género *Theobroma* son árboles ramificados con hojas simples y con un fruto indehiscente carnoso (mazorca). El género relacionado *Herrania* forma pequeños árboles no ramificados con hojas palmaticompuestas. Todo el cacao que se cultiva para el mercado mundial se obtiene de formas de la especie *Theobroma cacao L.* Otras especies de *Theobroma* son cultivadas y utilizadas sólo localmente. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 3)

En la literatura botánica sistemática se reconocen paralelamente dos subespecies dentro de *Theobroma cacao*: *Theobroma cacao L. subespecie cacao* y *Theobroma cacao L. subespecie sphaerocarpum (Chev.) Cuatrec.* Razas y cultivares de la subespecie cacao forman el grupo Criollo, mientras que la subespecie sphaerocarpum corresponde al grupo Forastero. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 5)

2.1.1.2. Morfología

Familia: Esterculiáceas.

Especie: *Theobroma cacao L.*

Origen: Trópicos húmedos de América, noroeste de América del Sur, zona amazónica.

Planta: *Theobroma cacao* es un árbol o arbusto semicaducifolio glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes (Figura 2, Anexo 1). De corteza oscura (generalmente, de color gris-café) con ramas cafés y finamente vellosas. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 3)

Sistema radicular: Raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 3)



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

Hojas: La base de las hojas es redondeada a ligeramente cordada y con un ápice largamente apiculado. El pecíolo es de aproximadamente 14 a 27 mm de largo. Las estípulas son lineares y caducas. Las inflorescencias son caulinares (se originan del tallo) y cimosas o cerradas.

Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y de 10 a 20 mm de diámetro, con un pedúnculo floral de 1 a 3 cm de largo. Los sépalos son blancos o rosa claros, de 5 a 8 mm de largo y de 1,5 a 2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 3)

Flores: Los pétalos son un poco más largos que los sépalos, de 6 a 9 mm de largo, libres, amarillentos, con dos o tres nervios violetas adentro, glabros, con la parte inferior redondeada o abruptamente atenuada, recurvos y apiculados. Los estambres son 10 y lineares: cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios.

Todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo. Los estambres fértiles son de 2,5 a 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta y 6,5 a 7,5 mm de largo. El ovario es de 2 a 3 mm de largo, anguloso ovado, ligeramente pentagonal y pentámero. Los óvulos se disponen en dos filas con 6, 12 o 16 óvulos por fila. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 4)

Fruto: El fruto es una baya grande (mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro, con medidas de 10, 20 o 35 cm de largo y 7 cm ancho, con 200 a 1000 g de peso y con 5 a 10 surcos longitudinales. El endocarpio es de 4 a 8 mm de grosor, duro, carnoso, y leñoso.

Las semillas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas. Con medidas de 20, 30 y hasta 50 mm de largo, 12 a 16 mm de ancho y 7 a 12 mm de grosor. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág. 4)



Tabla 1

Delimitación de las subespecies de *Theobroma cacao*

Órgano	<i>T. cacao</i> subsp. <i>cacao</i>	<i>T. cacao</i> subsp. <i>sphaerocarpum</i>
Forma del fruto	Alargado, claviforme, fusiforme o anguloso-ovado, atenuado hacia la base y apicalmente apiculado.	Elíptico, casi esférico o más o menos cuadrangular, redondeado en ambos extremos.
Superficie del fruto	Más o menos con 10 costillas marcadas o con 5 costillas y rugosa.	10-surcada y lisa o ligeramente rugosa.
Pericarpio y mesocarpio	Pericarpio moderadamente grueso, mesocarpio leñoso delgado.	Pericarpio muy delgado, mesocarpio leñoso grueso.
Semillas	Ovadas o elípticas, normalmente redondas en vista transversal.	Ovadas, más o menos comprimidas.
Cotiledones	Amarillos o blanco-amarillentos.	Púrpuras o violeta oscuros.

Nota: Recuperado de botconsult. Copyright 2012 por Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend.

2.1.2. Variedad.

La especie *Theobroma cacao* comprende una gran variedad de formas y poblaciones muy diferentes. Para la caracterización de las formas y cultivares se utilizan hoy en día, aparte de características morfológicas (por ejemplo, flores), características agronómicas (por ejemplo, resistencia a enfermedades, forma del fruto y tamaño del grano) y moleculares (isoenzimas), así como también, frecuentemente, marcadores genéticos (RAPD, AFLP).



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Los programas de mejoramiento están, hasta hoy, dirigidos a un aumento de los rendimientos y a una mayor resistencia a plagas; principalmente, se han aprovechado efectos de heterosis después del cruce de individuos de diferentes linajes genéticos. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág.4)

Las formas de cacao se clasifican tradicionalmente en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario (Figura 3, Anexo 1); sin embargo, nuevos estudios han mostrado que esta clasificación no describe suficientemente la variabilidad de la especie. Particularmente, el grupo Forastero abarca una alta variabilidad genética, mientras que las formas Criollo son genéticamente más estrechamente definidas. El grupo Trinitario comprende híbridos entre los dos primeros grupos.

La mayoría de las formas de cacao cultivadas mundialmente hoy en día son híbridos de orígenes mixtos que no pueden ser completamente incluidos dentro de esta división clásica. Un estudio reciente basado en datos moleculares clasifica las formas conocidas en 10 conglomerados principales o grupos (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág.4).

2.1.2.1. Criollo

Los cacaos criollos tienen las siguientes características o tipificaciones: mazorcas cilíndricas, con diez surcos profundos simple o bien en cinco pares, cáscara verrugosa, que puede ser delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar de un color verde hasta rojo, con semillas blancas o ligeramente pigmentadas, que pueden tener una forma cilíndrica u ovalada. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008, pág. 10)

Los árboles usualmente son más bajos y menos robustos que el de las otras variedades, con copa redonda, hojas pequeñas y ovaladas de un color verde claro, gruesas y con mayor susceptibilidad a la mayoría de las enfermedades. Las flores son de pedicelos cortos y las estaminoides y líneas guías de los pétalos son rosado claro, las espátulas de los pétalos son de forma y color muy variables.



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

Entre los criollos reconocidos esta el Criollo de Nicaragua o Cacao Real, cuya característica más sobresaliente en esta variedad es la frecuencia de los colores rojos intensos en las mazorcas y un cuello de botella, aunque también se encuentran también formas angoletas pero siempre esta presente la punta recurvada o recta, siendo las demás características similares a los otros criollos, ya en Nicaragua solo en Chinandega (Occidente), Valle Menier y otras pocas localidades se encuentran plantaciones o árboles aislados de esta variedad. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008, pág. 10)

2.1.2.2. Forastero

Característicamente esta variedad tiene mazorcas ovoides, amelonadas con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio, con los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Las mazorcas son generalmente verdes con tonos blanquecinos o rosado tenue en algunas poblaciones, semillas moradas, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008, pág. 11)

Los árboles son más vigorosos y de mayor fuste, con un follaje más grande y de color intenso y más tolerante a las enfermedades que las variedades criollas. Las flores tienen estaminoides y las líneas guías de los pétalos son de color morado. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008, pág. 11)

2.1.2.3. Trinitario

Poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y amelonados, tienen características de mazorcas y semillas muy similar o en forma intermedia entre los dos grupos de cacaos de los cuales se originan. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008, pág. 11)

El grupo es correspondientemente muy heterogéneo genéticamente y, morfológicamente, muy polimorfo, no siendo posible delimitarlo a través de características comunes. Las plantas son normalmente muy robustas con frutos verdes o pigmentados y con semillas violeta claro a violeta oscuro. El 10 - 15 % de la producción mundial de cacao se origina en las formas Trinitario. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág.5)



2.1.2.4. Hibridación

La hibridación es posible tanto entre diferentes formas dentro de la especie como también entre especies diferentes del género *Theobroma*. Hibridación interespecífica e injertos son considerados como estrategias potenciales para el desarrollo de nuevos cultivos (resistentes) de cacao. Una hibridación es posible entre especies estrechamente relacionadas, como también entre especies de diferentes secciones del género *Theobroma*.

Hibridación intraespecífica, especialmente sobre la base de clasificaciones moleculares de la diversidad del cacao, se ha utilizado para el desarrollo de nuevas variedades. Híbridos naturales son extremadamente escasos, lo que probablemente se debe a un eficiente sistema de aislamiento reproductivo y a una reducida distribución simpátrica de las especies. (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012, pág.7)

2.1.3. Producción de cacao criollo en Nicaragua.

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) fue la base de la economía indígena en Nicaragua desde antes del siglo XVII y ya para la llegada de los españoles se utilizaba en la mayoría de las actividades comerciales dado que servía como alimento (chocolate sólido), bebidas (chocolate líquido) y como moneda de curso legal para el intercambio comercial. En el siglo XVIII, el cacao nicaragüense llegó a ser considerado de altísima calidad por su sabor (delicioso), olor, fina calidad, fácil trabajo y por el gran tamaño de su semilla. (Menocal, 2016, pág. 14)

Con respecto a la cultura del consumo de cacao en el país, siempre hubo una buena demanda de producto, puesto que es base para la elaboración de una serie de bebidas típicas como el pinolillo (bebida a base de cacao y maíz tostado) es importante mencionar que no se tiene la costumbre de tomar chocolate. Se debe resaltar que en el mercado nacional es poco relevante el tema de calidad, puesto que los principales factores de compra se dirigen a la apariencia y tamaño del grano (por esto no hubo un incentivo para la mejora de calidad de la finca). (Escobedo, 2010, pág. 6)



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

La cadena productiva de cacao de Nicaragua está compuesta por los eslabones de producción, acopio, transformación primaria (fermentado y secado), comercialización y transformación secundaria (productos finales). En cada uno de los eslabones hay una serie de actores clave que se han ido sumando al fortalecimiento del sector y actualmente se cuenta con una Mesa Nacional de Cacao, cuyos esfuerzos han empezado a dar sus frutos por la incorporación del país como miembro del ICCO (International Cocoa Organization) en julio del 2010. (Escobedo, 2010, pág. 6)

2.1.3.1. Eslabón de producción

Mesa Nacional de Cacao (2010) citado por Escobedo (2010, p.8), menciona que en Nicaragua se estima que hay alrededor de 7 500 hectáreas sembradas con cacao, las cuales están distribuidas en 7 grandes núcleos productivos que se ubican en los departamentos del RAAS, RAAN, Matagalpa, Jinotega, Río San Juan, Granada y Rivas (Figura 4, Anexo 2). Los municipios que integran cada gran núcleo productivo son los siguientes:

- ☞ Waslala, Rancho Grande y Tuma-La Dalia.
- ☞ Triángulo Minero (Siuna, Bonanza y Rosita).
- ☞ Matiguás, Muy Muy y Río Blanco.
- ☞ San Carlos, Sábalos y El Castillo en Río San Juan.
- ☞ El Rama, Muelle de los Bueyes, La Cruz de Río Grande y Nueva Guinea.
- ☞ El Cuá, Wiwilí y San José de Bocay.
- ☞ Granada y Rivas (incipiente).

“Grebe (1999) menciona que la actividad cacaotera en Nicaragua ha tomado un papel importante dentro de las actividades agrícolas, esto se refleja en un aumento del 18,7% en áreas cacaoteras establecidas en el año 2010 (1 453,2 ha). Actualmente, sólo están cultivadas un 2,1% de las hectáreas con potencial para el desarrollo del cultivo en cacao del país que según estudios rondan las 350 000 hectáreas”. (Escobedo, 2010, pág. 8)



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

Mesa Nacional de Cacao (2010) citado por Escobedo (2010, p.8), menciona que el eslabón productivo está en manos de aproximadamente 8 000 productores ubicados en los diferentes municipios cacaoteros. En general, se estima que 5 843 familias se dedican a la producción de cacao en Nicaragua, de las cuales el 60% están asociadas a alguna organización que sirve como apoyo para el desarrollo de la actividad. En el país es área promedio de cultivo es de 1 ha en la cual se producen alrededor de 250 kg de cacao por año, dicha producción está 120 kg de cacao por debajo del promedio mundial.

2.1.3.2. Cosecha del cacao

Los frutos o vainas deben cosecharse tan pronto estén maduros. La cosecha debe realizarse cada dos semanas durante la cosecha menor y cada semana durante los períodos pico. Así mismo, es importante hacer un recorrido por la plantación cada semana con la finalidad de eliminar los frutos y chireles enfermos, dotados de un gancho específico que solo se utilice para eliminar materiales enfermos. Es esencial que los frutos no se cosechen demasiado maduros, pues estarán propensos a infectarse con enfermedades y los granos podrían germinar. (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 82)

Se recomienda no herir las vainas con el machete, pues las heridas facilitan la entrada de organismos y la producción de ocratoxina “A”. Para reducir la ocratoxina “A” en los granos no se deben guardar los frutos heridos por más de un día. Es igualmente importante no cosechar frutos inmaduros, pues los granos provenientes de las vainas inmaduras no estarán listos para la fermentación. Los granos verdes son duros, sin mucílago y se separan fácilmente. No deben mezclarse granos de frutos verdes con granos maduros durante la fermentación. (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 82)

La recolección debe llevarse a cabo utilizando herramientas y técnicas específicas. Los agricultores siempre deben usar un gancho agudo de cacao en un palo. Tijeras de podar pueden utilizarse para la cosecha de vainas a poca distancia. Estas herramientas deben mantenerse limpias e idealmente afiladas y desinfectadas cada día, tampoco deberán utilizarse para eliminar frutos y chireles enfermos. (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 82)



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

“Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2009) indica que la cosecha inicia cuando la mazorca está madura lo que ocurre en un período de 5 a 6 meses de edad. La mazorca presenta cambio de pigmentación, de verde pasa al amarillo o al rojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido (Figura 5, Anexo 1). En mazorcas de coloración roja–violácea muy acentuada, el cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado madurez plena.” (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 83)

“PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); ISA (Interconexión Eléctrica S.A) y Compañía Nacional de Chocolates (s.f.) recomiendan que la cosecha sea solamente de frutos maduros, cada 15 días en épocas de cosecha y cada 20 o 25 días en épocas de baja producción. Se deben separar las mazorcas que se encuentren sanas de las que se encuentren enfermas, para brindar tratos separados. Para la labor de cosecha se deben utilizar herramientas adecuadas como tijeras de mano y medialunas u horquillas; además, las herramientas deben estar afiladas.” (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 83)

Así mismo, es aconsejable desinfectar las herramientas antes y después de utilizarlas. Al momento de la cosecha se recomienda no jalar las mazorcas con las manos puesto que puede dañar el tronco desfavoreciendo las cosechas futuras. Un manejo adecuado de la cosecha facilitará la obtención de un grano de calidad. En esta etapa se debe separar los frutos según estado de madurez y tamaño, las mazorcas enfermas o dañadas no se cosechan junto con los frutos sanos. (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 83)

2.1.3.3. *Quebrado de la mazorca*

“Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2013) indica que la rotura de las mazorcas debe realizarse de tal forma que evite el daño y la contaminación de los granos (Figura 6, Anexo 2). Una vez cosechada una cantidad suficiente de mazorcas, estas se rompen para poder extraer los granos. Se recomienda partir las mazorcas en seguida, o como mucho, en el plazo de dos días después de la cosecha, con el fin de evitar pérdidas por enfermedad.” (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017, pág. 84)



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2013) citado por Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, (2017, p. 84-85), menciona que hecha la cosecha se deben separar las mazorcas sanas de las enfermas. Las pequeñas de las grandes y las verdes de las maduras, antes de quebrarlas y extraer las semillas del cacao. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ☞ El proceso debe iniciar separando los frutos según el grado de madurez, el tamaño, la afección a enfermedades y daños físicos de animales.
- ☞ Proteger las manos del operario con guantes de buen material pero que permita realizar la labor y herramientas seguras en el momento de partir las mazorcas. El mazo de madera o el ángulo metálico le permitirá realizar la labor de manera más segura.
- ☞ Eliminar el hilo o placenta del grano (hilo blanco que une los granos a la mazorca); así como los pedazos de cáscaras, hojas y palos de la masa de cacao resultante. Se debe buscar que el quede con un color blanco uniforme, brillante y sin impurezas.
- ☞ El cacao en baba debe ser colocado en un saco plástico limpio para que el mucílago se conserve el tiempo necesario, en caso de que se tenga que llevar al beneficio.
- ☞ Los granos pequeños, cortados, planos o pegados, se deben procesar aparte para no darle al cacao un mal aspecto que deteriore la calidad.

2.1.4. Mucílagos.

Los mucílagos son fibras solubles, con la propiedad de hincharse con el agua y formar disoluciones coloidales o geles, característica a la que deben la mayoría de sus propiedades y aplicaciones. En las plantas funciona como depósitos de agua gracias a su capacidad de retención, evitando así la deshidratación y favoreciendo la germinación. Cuando son muy abundantes, pueden fluir al exterior y por desecación en contacto con el aire se forman gomas.

Por lo tanto, se considera que la diferencia está en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación. Son muy variables en cuanto a su composición, pero como constituyentes más extendidos, destacan la glucosa, la arabinosa, la xilosa y el ácido galacturónico. (Suarez, 2010)



2.1.4.1. Mucílago de cacao

Es el recubriendo que tiene la semilla del cacao con una consistencia viscosa también conocida como (baba), este recubrimiento impide el paso del aire hasta la almendra (Salous, 2019). En la actualidad a los subproductos como la vaina de cacao y al mucílago se les está proporcionando un valor agregado, aplicando nuevas metodologías. Durante la cosecha de los granos del cacao, estos son apilados en tanques de fermentación para así obtener un jugo viscoso proveniente del recubrimiento de la semilla, una de sus características es su sabor dulce. (Anvoh, Zoro Bi, & Gnakri, 2009)

En el proceso de fermentación se obtiene alrededor de 100 a 150 L de mucílago por toneladas de granos de cacao (Vásquez et al., 2019). Se estima que aproximadamente de 100 kilogramos de cacao se obtiene de 4 y hasta 7 litros de mucílago en las primeras horas de la fermentación (Santana, Vera, Vallejo, & Alvarez, 2018). El mucílago de cacao es el subproducto que no es aprovechado durante el proceso de cosecha, este cuenta con un exceso de pulpa el proceso de fermentación del grano de cacao. (Afolabi, Ibitoye, & Agbaje, 2015)

En la fermentación si se tiene una cantidad excesiva de mucílago esto puede hacer que la almendra se perjudique, por esta razón se recomienda separar la pulpa excedente para realizar fermentaciones cortas y con mayor eficiencia en cuanto a la calidad del producto. (Kongor et al., 2016)

El mucílago tiene un alto valor nutricional lo que permite la innovación de nuevos productos, además puede llegar a ser otra alternativa de ingresos económicos para los productores y la agroindustria. Por otra parte, cuando al mucílago es tratado de manera adecuada contribuye con la disminución de la contaminación del suelo y las plantas (Thi & Tien, 2016). Cabe mencionar que el mucílago es utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas. (Sánchez et al., 2019)

2.1.4.2. Composición química del mucílago del cacao

Porcentajes en base húmeda: 79,20 y 84,20% de agua; 0,09 y 0,11% de proteína cruda; 12,50 y 15,90% de azúcares; 11,60 y 15,32% de glucosa; 0,11 y 0,90% de sacarosa; 0,90 y 1,19% de pectinas; 0,77 y 1,52% de ácido cítrico; 0,40 y 0,50% de cenizas. (Baquerizo, 2013)



2.1.5. Bebida alcohólica.

Las bebidas alcohólicas pueden ser definidas como todas aquellas bebidas que contienen alcohol etílico o también llamado etanol. Las bebidas alcohólicas se dividen en dos grupos dependiendo del modo de preparación: bebidas fermentadas, como el vino y la cerveza, y bebidas destiladas, como el whisky y el brandy. Los licores se preparan básicamente mezclando zumos o extractos de frutas, frutos secos u otros productos alimenticios. (Aldi & Seguin, 2019)

2.1.5.1. Bebidas fermentadas.

Se fabrican empleando solamente el proceso de fermentación, en el cual se logra que un microorganismo transforme el azúcar en alcohol. Con este proceso solo se obtienen bebidas con un contenido máximo de alcohol equivalente a la tolerancia máxima del microorganismo que sería alrededor de unos 14 grados.

Este proceso es relativamente simple cuando el sustrato a fermentar es el jugo de algún tipo de fruta, pero cuando el sustrato es almidón, como el caso de la cebada, el arroz y el maíz, la levadura no lo puede fermentar directamente, por lo que deberá ser transformado químicamente en azúcar: es el proceso de sacarificación (Eustace, 2019).

Mediante el proceso de fermentación alcohólica se pueden obtener, además de los productos tradicionales como el vino, una serie de productos a partir de sustratos no frutales, como es llamada cerveza africana, elaborada a base de sorgo; la cerveza tradicional, producida a partir de cebada; el pulque, elaborado con el jugo extraído del agave; el arroz, con el cual se fabrica el famoso “Sake” japonés. (Duraio, 2019)

2.1.5.2. Bebidas Destiladas.

Son las bebidas que luego de la fermentación, se las somete a un proceso de concentración del alcohol denominado destilación. Éste consiste en la evaporación y recuperación de las sustancias más volátiles, entre ellas el alcohol, de manera que parte del agua y otras materias pesadas quedan como residuo descartable. Los productos así obtenidos pueden ser, o no, sometidos a un proceso de envejecimiento. (Aldi & Seguin, 2019)

En la tabla 2 se presentan listados de diferentes bebidas alcohólicas y sus tipos.



Tabla 2.

Clasificación de bebidas alcohólicas.

Según el proceso de destilación	Por su tiempo de almacenamiento	Por su color	Vinos	Cervezas
Aguardiente: Se destacan entre ellas el whisky, coñac, gin, ginebra, rum, cañas y anisados.	Blanco.	Claros, secos y ligeros.	Vinos calmos o naturales.	Ale.
Licores: Se distinguen el Chartreuse, el Benedictine, El Gran Marnier, Curacao, Cacao, Kümel, etc.	Joven o Abocado.	Blanco.	Vinos fuertes o fortificados	Lager.
Aperitivos: Entre ellas el vermouth, los quinados, bitters, amaros.	Reposado.	Dorado.	Vinos espumosos: rosado, blanco o tinto.	
	Añejo.	Negro/Oscuro.		

Fuente: (Muñoz, 2010)

2.1.5.3. Ron

El ron es un licor alcohólico destilado, obtenido del jugo o de la melaza de la caña de azúcar. Usualmente es un subproducto de la fabricación del azúcar. Esta bebida se menciona por primera vez en documentos provenientes de Barbados en 1650. Se le llamaba "kill-devil" ('mata-diablo') o "rumbullion" (una palabra de Devonshire, Inglaterra, que significa 'un gran tumulto').



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

En las colonias antillanas francesas, se le llamó guildive (modificación de "kill-devil") y posteriormente tafia, un término africano o indígena. Ya en 1667 se le llamaba simplemente "rum", de donde proviene la palabra española ron y la francesa rhum. La primera mención oficial de la palabra "rum" aparecen en una orden emitida por el Gobernador General de Jamaica con fecha 8 de julio de 1661. (Red, 2011)

2.1.6. Materia prima.

2.1.6.1. Requerimientos generales de calidad

Solamente frutas sanas, ricas en aromas, pueden producir rones de alta calidad. Los aromas de la mayoría de las frutas se desarrollan en el pico de la madurez, por lo que se utilizan frutas maduras y algunas veces frutas sobre maduras para la fermentación, la selección de una buena fruta es de suma importancia. (Calderón, 2016)

2.1.6.2. Requerimientos de materia prima para un buen destilado

- œ Alto contenido de azúcar.
- œ Marcado aroma varietal.
- œ Libre de elementos extraños como suciedad, hojas, hierbas, etc.
- œ Completamente maduro.
- œ El rendimiento de alcohol depende del contenido de azúcar de la fruta, mientras que el grado de madurez de la fruta determina la calidad. Básicamente, no conviene usar fruta de baja calidad o de madurez incompleta, solamente las frutas completamente maduras y sanas tienen el contenido de azúcar requerido y sus características aromáticas. (Calderón, 2016)

2.1.6.3. Componentes

- œ Agua: cuantitativamente es la parte más grande (hasta 85 %).
- œ Carbohidratos: principalmente varios tipos de azúcares.
- œ Sustancias aromáticas: de importancia decisiva en la determinación de la calidad del destilado.
- œ Otras sustancias: Ácidos, minerales, proteínas, etc., en algunos casos se producen nuevas sustancias aromáticas durante el proceso de fermentación.



2.1.7. Mosto y su acondicionamiento.

En general, la fruta entera es pulpeada para reducir el tamaño de partícula. Es una práctica usual corregir alguna deficiencia del mosto, el cual puede ocurrir en mostos de frutas de alta calidad, frecuentemente la cantidad de agua adicionada es igual al 30 % de la pulpa, con el fin de que sea lo suficientemente diluida para la fermentación. El recipiente de fermentación debe llenarse hasta 9/10 de su capacidad. (Calderón, 2016)

2.1.7.1. Contenido inicial de azúcar

Para un inicio rápido y una fermentación estable el contenido inicial de azúcar de la fruta no debe exceder del 19 -18 %. El alto contenido inicial de azúcar en el mosto es perjudicial, a causa de que un alto contenido de azúcar retardaría la velocidad de la fermentación y prevendría un buen inicio. Afortunadamente la mayoría de las frutas utilizadas para brandies no son tan dulces. (Calderón, 2016)

2.1.7.2. Enzima péptica

La fruta consiste de células, las cuales se mantienen unidas por la pectina, durante la fermentación la pectina se rompe lentamente y la pulpa se vuelve más diluida, como el azúcar requerido para la fermentación se encuentra en las células, es importante un rompimiento rápido de la pectina, ya que esto causa que la pulpa se diluya rápidamente. El efecto de la enzima es satisfactorio a temperaturas de 18 –20 °C y pH de 3,0. (Calderón, 2016)

Las ventajas son:

- ☞ Rápida licuefacción de la pulpa.
- ☞ Fermentación más rápida y completa.
- ☞ Reducida formación de espuma.
- ☞ Fácil agitación.
- ☞ Mejor transmisión de calor durante el destilado a causa de su fluidez.
- ☞ Mejor bombeabilidad.



2.1.7.3. Dióxido de azufre

Químicamente el SO_2 es bastante reactivo y aparece en el vino tanto en forma libre, como en forma combinada. Elimina bacterias indeseables y levaduras extrañas, pero no a las levaduras cultivadas. Inhibe el pardeamiento enzimático de los mostos blancos. Estabiliza los mostos blancos con azúcar residual y evita que la fermentación reinicie; alarga la vida de los mostos. Al nivel correcto, en realidad mejora el sabor. (Calderón, 2016)

2.1.7.4. Ajuste de acidez en el mosto

Los microorganismos perjudiciales se pueden multiplicar en mostos poco ácidos, pero su desarrollo puede ser controlado mediante la adición de ácido, resultando una fermentación más controlada. La adición de ácido es beneficioso cuando se procesa materia prima poco ácida. El pH del mosto debe estar entre 3,0 –3,2. (Calderón, 2016)

2.1.8. Levaduras.

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad. Las levaduras han sido utilizadas, desde la antigüedad, en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX. (CIIDEPT, 2020)

Se conocen cepas diferentes y específicas para cada labor (panificación, destilería, producción de extractos de levadura y uso en animales). Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color. Son consideradas hongos unicelulares y generalmente sus células son ovaladas, pero también pueden encontrarse en forma esférica, cilíndrica o elíptica. Son mayores que las bacterias, alcanzando un diámetro máximo de entre cuatro y cinco μm .

Se reproducen por fisión binaria o gemación y algunas pueden ser dimórficas o bifásicas y crecen como micelio bajo condiciones ambientales especiales. Son resistentes a antibióticos, sulfamidas y otros agentes antibacterianos de forma natural. Se conoce la secuencia completa de su genoma y se mantiene en constante revisión, lo que ha permitido la manipulación genética de los casi 6600 genes que codifican el genoma de levadura.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Los constituyentes macromoleculares de las levaduras incluyen proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos. Su pared celular comprende entre 15 y 25 % de la masa seca de la célula y sus principales componentes son polisacáridos (80-90 %), esencialmente glucanos y mananos, con una menor contribución de quitina, además de proteínas y lípido. El contenido de proteínas en las levaduras una excelente calidad en función de su perfil de aminoácidos esenciales.

La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5. Son capaces de competir con la bacteria *Streptococcus bovis*, el principal productor de ácido láctico en el rumen, por azúcares solubles. Las levaduras más estudiadas en el mundo son cepas provenientes de las especies: *Saccharomyces cerevisiae* (levadura panadera comercial), *Kluyveromyces fragilis* y *Candida utilis*. Estas especies son consideradas como aptas para el consumo humano o GRAS (por las siglas en inglés de Generally Recognized As Safe). (CIIDEPT, 2020)

Nutrientes de levaduras: El contenido de nitrógeno de las frutas varía considerablemente. Al agregar agua a la pulpa, el nitrógeno se reduce grandemente. Para la rápida multiplicación la levadura necesita compuestos de nitrógeno y fósforo, así como vitaminas (vitamina B1). La ausencia de estos nutrientes de levadura puede resultar en una fermentación lenta y en casos extremos detener la fermentación. (Calderón, 2016)

2.1.8.1. Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae, es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa. Puede aislarse con facilidad en plantas y tierra, así como del tracto gastrointestinal y genital humano. (CIIDEPT, 2020)

Es un producto del proceso de producción de alcohol, que a su vez constituye una valiosa fuente de proteínas y vitaminas para la alimentación animal, además se destaca que en la formulación de piensos para aves y cerdos se emplea la levadura de recuperación de la fermentación alcohólica, por ser un componente rico en proteínas.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

El uso más extendido está enmarcado en la panificación y en las industrias de fabricación de cerveza, vinos y alcohol. La levadura inactivada por temperatura se usa como fuente de nutrimentos en alimentación animal y humana, tanto en forma de levadura íntegra como a partir de sus derivados. (CIIDEPT, 2020)

2.1.9. Fermentación.

La fermentación es un proceso natural que ocurre en determinados compuestos o elementos a partir de la acción de diferentes actores y que se podría simplificar como un proceso de oxidación incompleta. La fermentación es el proceso que se da en algunos alimentos tales como el pan, las bebidas alcohólicas, el yogurt, etc., y que tiene como agente principal a la levadura o a diferentes compuestos químicos que suplen su acción. (Salazar & Carvajal, 2015)

La fermentación es realizada por diferentes bacterias y microorganismos en medios anaeróbicos, es decir, en los que falta aire, por eso es un proceso de oxidación incompleta. Las bacterias o microorganismos, así como también las levaduras, se alimentan de algún tipo de componente natural y se multiplican, cambiando la composición del producto inicial. (Salazar & Carvajal, 2015)

2.1.9.1. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es llevada a cabo principalmente por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que es la levadura corriente del pan o la cerveza, quien convierte un 90% del azúcar en cantidades equimoleculares de alcohol y CO₂. Es un proceso de tipo biológico, en el cual se lleva a cabo una fermentación sin presencia de oxígeno.

Este tipo de fermentación se debe a las actividades de ciertos microorganismos, los cuales se encargan de procesar azúcares, como la glucosa, la fructosa, etc. (hidratos de carbono), dando como resultado un alcohol a modo de etanol, CO₂ (gas) y ATP (adenosíntrifosfato), moléculas que son utilizadas por los propios microorganismos en sus metabolismos energéticos. (Baquerizo, 2013)



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

El aroma final del destilado depende de dos fuentes: la fruta misma, los procesos químicos durante y después de la fermentación. En ambos casos, la temperatura es importante; bajas temperaturas de fermentación retendrán más los aromas de la fruta.

El control de la temperatura es el más importante en la conducción de la fermentación. Mostos fermentados bajo condiciones de temperatura controlada son generalmente de mayor calidad, con más alto contenido de alcohol y son menos sujetos a ataque bacteria y otros desordenes del mosto. El aroma desarrollado es debido principalmente a la formación de esteres. Para la máxima formación de esteres en el mosto, la temperatura de fermentación debe estar entre 18 –20 °C. (Calderón, 2016)

2.1.9.2. Bioquímica de la reacción

La glucólisis es la primera etapa de la fermentación, lo mismo que en la respiración celular, y al igual que ésta necesita de enzimas para su completo funcionamiento. A pesar de la complejidad de los procesos bioquímicos una forma esquemática de la reacción química de la fermentación alcohólica puede describirse como una glicólisis (en la denominada vía Embden-Meyerhof-Parnes) de tal forma que puede verse como participa inicialmente una molécula de hexosa:



2.1.9.3. Recipientes de fermentación

- ∞ Plástico: De polipropileno y fibra de vidrio-reforzado con resina de poliéster, los recipientes están disponibles de 30 a 220 L. Sus ventajas son: Bajo peso, alta estabilidad, fácil de limpiar las superficies interiores, fácil de transportar aun cuando estén llenos, larga vida.
- ∞ Metal: Son ideales los recipientes de acero inoxidable, es resistente al ácido, tiene comportamiento neutro de sabor y olor sobre el contenido y es completamente hermético. Los recipientes de acero son mejores para almacenar destilados con alto porcentaje de alcohol.



2.1.9.4. Interrupción del proceso de fermentación

Uno de los inconvenientes en la elaboración de las bebidas fermentadas, es la fermentación incompleta que ocasionalmente se produce en el mosto. La fermentación se desarrolla lentamente y en ocasiones se detiene cuando aún queda algo de azúcar. La puesta en marcha de estas fermentaciones “detenidas” no siempre es fácil, implica resiembra con la misma u otra levadura y posiblemente calentamiento del zumo. El crecimiento de las levaduras está relacionado con el nivel de nutrientes del zumo de uva, la adición de fosfato di amónico contribuye a prevenir la formación de H₂S. (Calderón, 2016)

2.1.9.5. Etanol

El etanol es el producto de la fermentación alcohólica que se efectúa por microorganismos que poseen la capacidad de fermentar (Suárez-Machín, Garrido-carralero, & Guevara Rodríguez, 2016). Es conocido como alcohol etílico, melazas y alcohol vínico; su composición líquida incolora y volátil, se presenta también de aroma agradable pudiendo ser extraído de dos maneras: proceso de fermentación de azúcares y por un proceso sintético que parte del etileno (Mosquera & Menéndez, 2006).

Para la producción de etanol en la actualidad ha ido surgiendo innovadoras alternativas con el fin de aprovechar los productos forestales, residuos agrícolas y pastos (Rajak & Banerjee, 2020). Para producir etanol de primera generación se parte de biomazas como caña de azúcar o maíz. Mundialmente estos son de mayor consumo para obtener bioetanol. De estas dos materias primas la industria realiza la conversión bioquímica se estos carbohidratos en alcohol. Esta tecnología ha sido utilizada desde tiempos muy remotos innovando con el pasar de los años permitiendo el desarrollo industrial y químico.

2.1.10. Destilación.

La destilación es una técnica utilizada en la separación de sustancias miscibles, el objetivo principal de la destilación consiste en separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus diferentes volatilidades, o bien, separar materiales volátiles de otros no volátiles.



*Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022*

El proceso de la destilación consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasen a fase vapor y, posteriormente, enfriar el vapor hasta recuperar estos componentes en forma líquida mediante un proceso de condensación (Zarsa, 2018)

La destilación es una operación para separar los componentes de una solución; depende de la distribución de las sustancias entre una fase gaseosa y una líquida. En la destilación la fase líquida es el mosto fermentado y la fase gaseosa es el vapor que se forma por ebullición (etanol), que luego se condensa.

2.1.10.1. Factores a considerar

- ☞ Componentes de la solución.
- ☞ Volatilidad de los componentes.
- ☞ Características del producto a obtener.
- ☞ Tipos de equipos.
- ☞ Forma de los equipos.
- ☞ Técnica de destilación.
- ☞ Velocidad de hervido.

2.1.10.2. Técnicas de destilación

El destilado de una operación por lotes se separa en tres fracciones. La primera, donde se concentran los componentes más volátiles, entre ellos destaca el metanol. Esta fracción de destilación tiene la mayor graduación alcohólica 68-72 °GL. La segunda fracción que representa el mayor volumen de destilado en la que obtienen los alcoholes de boca o de buen gusto, predomina el alcohol etílico. El cuerpo se destila hasta que la mezcla de todo lo recolectado llega a la graduación establecida por el productor (38 - 46°GL). (Calderón, 2016)

El ron oscuro es una combinación en la proporción adecuada de componentes volátiles y olorosos que le dan fuerza al destilado y otros poco volátiles, de sabor dulce, redondean el gusto y le dan persistencia al paladar. La tercera fracción, producto de poca importancia, cuya inclusión en el ron deterioraría la calidad.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

La calefacción debe operarse lentamente, con el fin de no dejar pasar con las esencias finas del centro de la destilación los oleos de mal sabor que serían arrastrados por una ebullición turbulenta, lo que a su vez produce una velocidad alta de la corriente de vapor, incrementando la posibilidad de arrastre de las sustancias pesadas. Disminuyendo la velocidad de transmisión de calor entre el medio de refrigeración (aire y agua que rodea el equipo). Esto limita la rectificación necesaria de estas secciones del equipo de destilación. (Calderón, 2016)

2.1.11. Añejamiento

Procedimiento que consiste en dejar desarrollar naturalmente algunas reacciones químicas, para bebidas empacadas en envases apropiados, con la intención de que se confieran algunas cualidades organolépticas típicas del producto. (Calderón, 2016)

2.1.11.1. Recipientes en el proceso de envejecimiento

En barricas de madera de roble, las cuales le diluirán el sabor a quemado que queda después de su destilación y le aportarán sus características específicas. De esta manera, el envejecimiento tiene importantes efectos sobre el líquido. El contacto con la madera genera que el líquido extraiga los componentes de sabor, color y aroma de la madera. A su vez, el tiempo de reposo hace que se produzca una oxidación de los componentes originalmente presentes en el líquido y del material extraído de la madera y, a su vez, que a partir de la reacción entre las sustancias orgánicas del líquido se formen más o nuevos congéneres. (Gourmet Hunters, 2021)



2.2. ANTECEDENTES

Para el estudio, se tomó como punto de partida los resultados obtenidos en investigaciones realizadas anteriormente con un objeto similar, para tener en cuenta las concepciones de otros autores con respecto al tema de investigación.

Internacionales

En 2013, en Ecuador, López desarrollo una investigación en el sector industrial de bebidas alcohólicas de la provincia de Guanujo; buscando obtener una bebida alcohólica a partir de la fermentación de mucílago de cacao, para esto estudió las características físico-químicas del mucílago de cacao, obtuvo un mejor tiempo de fermentación del mucílago además de realizar el producto y hacer un análisis de costo/beneficio de este mismo. En el proceso utilizo diferentes instrumentos como: destilador, recipiente de vidrio, tamiz, fermentador, embudo, cilindro de gas, balanza, alcoholímetro, pH-metro, brixómetro. Realizo los análisis del mucílago de cacao y la bebida fermentada en el cual obtuvo una alta cantidad de alcohol. El mejor tiempo de fermentación conseguido para el mucílago de caco fue de 15 días, en el análisis de costo/beneficio se dice que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia del 33%. (López, 2013)

En 2021, en Perú, Acosta & Ríos investigaron la viabilidad para la instalación de una planta productora de destilado a base de mucílago de cacao para la comercialización en Lima Metropolitana. Donde la demanda del proyecto se basó en el tamaño de mercado, el cual fue calculado mediante la DIA proyectada para el horizonte de tiempo de cinco años del proyecto, la cual buscará satisfacer una demanda de 11,559 cajas de 12 botellas de destilado de mucílago de cacao, a través del estudio técnico determinaron las de proceso que comprenden: Recepción de la materia prima, filtrado y clarificación del mosto, fermentación y adición de levadura (*Sacchamoryces cerevisiae*), destilación, maduración, filtración por placas, envasado. Además, determinaron que el proyecto es económico y financieramente viable ya que genera una Utilidad Neta para el quinto año de operación de S/ 1 248 893. Además, el flujo de fondos económico otorga un VANE de S/ 684 432, una TIRE de 27,82%, una relación beneficio-costos de 1,27 y un periodo de recuperado de 4 años y 5 meses. (Acosta & Rios, 2021)



Nacionales

A nivel nacional no se encontraron publicaciones relacionadas al tema específico de investigación. Solamente informes de investigación a nivel de grado sobre elaboración de vinos a partir de granos y exudado de cacao, por hacer mención se encontraron:

1. Seminario de Graduación titulado “Elaboración de un nuevo producto a base de grano de Cacao obteniendo como producto final Vino en la UNAN-FAREM Chontales, Managua durante el II semestre del año 2014” presentado por los bachilleres Gissela del Socorro Taleno Flores y Mauricio Alberto Morales González como requisito para optar al Título de Ingeniero Agroindustrial. (Taleno & Morales, 2014)
2. Monografía titulada “Evaluación y determinación de la producción de vino a partir de exudado de cacao de la mezcla de variedades forastero amazónico, criollo e híbrido a escala de laboratorio, así como sus costos de producción, para la Cooperativa Multifuncional Cacaotera La Campesina R.L, del municipio de Matiguás en el departamento de Matagalpa” presentado por los bachilleres Yessin Mahela Calero Leiva y Zilgean Massiel Moreno Lazo para Optar el Título de Ingeniero Agroindustrial en la UNI - Sede Regional del Norte, Recinto Universitario Augusto C. Sandino. (Calero & Moreno, 2016)



2.3. PREGUNTAS DIRECTRICES

En base al planteamiento del problema y su delimitación surgen las preguntas o directrices de investigación:

1. ¿Cuáles son las propiedades químicas del mucílago de cacao criollo que permiten su potencial uso como materia prima?
2. ¿Qué condiciones teóricamente eficientes se requieren para que una cooperativa nacional pueda producir ron a base del mucílago de cacao criollo?
3. ¿Qué requerimientos de calidad que debe cumplir el ron que se propone a elaborar?

ΚΑΠÍTΥΛΟ ΙΙΙ





3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. Descripción del ámbito de estudio.

El ámbito de estudio a nivel geográfico corresponde al Departamento de Química, Recinto Universitario “Rubén Darío” de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) ubicada de la Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez, 150 metros al Este.

El área tecnológica del presente estudio en base a las líneas de investigación de la carrera de Química Industrial, corresponde al *área de formación académica de procesos industriales, en la línea de investigación agroindustria y tema de interés en la formulación y caracterización de bebidas energizantes, alcohólicas, analcohólicas a partir de la combinación de frutas, plantas ornamentales y vegetales.*

3.1.2. Tipo de estudio.

De acuerdo al nivel inicial de profundidad del conocimiento es *descripción* puesto que se realiza una descripción de las variables en estudio, con el propósito de hacer énfasis en la manipulación correcto del mucílago de cacao y su adaptación al proceso de producción de ron. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es *retrospectivo*, puesto que los datos fueron obtenidos en base a bibliografía y análisis documental. Por el período y secuencia del estudio es *transversal* puesto que la investigación se realizó en un solo momento o periodo de tiempo. (Canales, Alvarado, & Pineda, 1996).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población.

La población corresponde a una parte del universo que se desea estudiar, en base al tema de investigación y las variables la población está definida por todos los residuos agroindustriales a nivel nacional en la cadena productiva de cacao criollo.



3.2.2. Muestra.

La muestra es una parte de la población que se aísla para ser estudiada, bajo este concepto se define como la muestra de investigación el mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*).

3.2.2.1. Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión en una investigación son los parámetros que definen las características globales de la muestra, los cuales corresponden a:

- ∞ Maduración adecuada de la mazorca de cacao.
- ∞ Mucílago de mazorcas enteras y frescas.
- ∞ Mucílago extraído de cajones de madera en óptimas condiciones y limpios.

3.2.2.2. Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión en una investigación son los parámetros que definen las características que no son necesarias en la muestra, los cuales corresponden a:

- ∞ Mucílago de mazorcas dañadas, enfermas o afectadas por plagas.
- ∞ Mucílago de mazorcas sin maduración adecuada.
- ∞ Mucílago con materiales extraños.

3.3. VARIABLES

3.3.1. Variables independientes.

Las variables independientes se conocen como las condiciones o parámetros que serán manipulados por los investigadores, en la presente investigación corresponden a las siguientes:

- a. Características físico-químicas de la materia prima (mucílago).
- b. Condiciones de maceración.
- c. Condiciones de Fermentación.



- d. Tipo de levadura.
- e. Condiciones de destilación.
- f. Condiciones de añejamiento.

3.3.2. Variable dependiente.

La variable dependiente se conoce como el problema, situación o fenómeno que debe ser resuelto por los investigadores, en la presente investigación corresponde a la siguiente:

- a. Composición físico-química del ron.
- b. Características Organolépticas: color, olor y sabor del ron.

3.4. MATERIALES

3.4.1. Materiales para recolectar información.

La recolección de información para sustentar y concretar el desarrollo de la investigación se realizó mediante las siguientes fuentes, materiales y herramientas de investigación:

- ∞ Libros.
- ∞ Monografías y seminarios.
- ∞ Artículos científicos.
- ∞ Publicaciones de sitio web.
- ∞ Fichas de citas textuales.
- ∞ Normas técnicas.

3.4.2. Materiales para procesar la información.

La información fue presentada por medio de tablas, gráficos, diagrama de flujos y equipos. La información fue procesada con la ayuda de los siguientes softwares:

- ∞ Microsoft Word 2019 versión 16.1.6746.2048: Tablas, Flujograma, trabajo escrito.
- ∞ Microsoft Power Point 2019 versión 16.1.6746.2048: Imágenes, figuras, diapositivas.
- ∞ Visio Versión 2016. Diagramas de: Flujo, Bloque y equipo.



3.5. MÉTODOS

3.5.1. Método de investigación.

El método de investigación empleado en este estudio corresponde a un *enfoque cualitativo* puesto que se llevaron las variables de estudio se han definido a partir del método bibliográfico puesto que se localizó, identificó y accedió a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la investigación y análisis documental, ya que, en base a la recolección de la información se realiza la presentación de los resultados teóricos para la declaración y cumplimiento de los objetivos planteados.

3.5.2. Análisis físico químicos que deben realizarse al mucílago de cacao.

Al conocer los valores teóricos de la composición del mucílago de cacao, se debe corroborar antes de iniciar el proceso productivo se debe tomar una muestra para realizar los análisis proximales y físicos que se declaran para cualquier forma de alimento, esto con el propósito de calcular los rendimientos de producción; los métodos analíticos más adecuados son los orientados por la AOAC.

3.5.3. Propuesta de proceso de elaboración del ron a partir del mucílago de cacao.

El proceso de elaboración se propone en base a la literatura encontrada en los diferentes manuales de bebidas alcohólicas fermentadas, además, para la manipulación del mucílago, conociendo que es un material orgánico que se oxida rápidamente (observación y literatura), debe ser transportado en cadena fría a -10 °C.

3.5.4. Control de calidad del producto terminado.

El control de calidad se establece bajo los criterios establecidos en La Norma Técnica Obligatoria denominada NTON 03 036 - 00 Norma de Especificaciones de Bebidas Alcohólicas - Aguardiente que ha sido preparada por el Comité Técnico de Ron y Aguardiente.

CAPÍTULO IV





4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1.1. Análisis proximal para el mucílago de cacao.

Baquerizo (2013) indica los valores proximales y físicos para el mucílago de cacao. Los cuales corresponden:

- | | |
|--|--------------------------------|
| ☞ Porcentajes en base húmeda:
79,20 y 84,20%. | ☞ Sacarosa: 0,11 y 0,90%. |
| ☞ Proteína cruda: 0,09 y 0,11%. | ☞ Pectinas: 0,90 y 1,19%. |
| ☞ Azúcares: 12,50 y 15,90%. | ☞ Ácido cítrico: 0,77 y 1,52%. |
| ☞ Glucosa: 11,60 y 15,32%. | ☞ Cenizas: 0,40 y 0,50%. |

Como se puede apreciar, el contenido de azúcares es considerablemente alto, por lo que se puede decir, que, si toda la forma de carbohidratos es fermentable, los rendimientos de producción de etanol no serán bajos.

Teóricamente se propone realizar pruebas con 1 000 gramos de mucílago, los cuales contienen según la bibliografía 15,32 % de glucosa por cada 100 gramos, lo que equivalen a 153,2 gramos por cada 1 000 gramos. En base a la reacción que se genera durante la fermentación alcohólica se calcula el etanol teórico que se obtendrá estequiométricamente:

$$\begin{aligned} & C_6H_{12}O_6 + 2 P_i + 2 ADP \rightarrow 2 CH_3-CH_2OH + 2 CO_2 + 2 ATP + 25,5 \text{ kcal} \\ 153,2 \text{ g } C_6H_{12}O_6 & \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180,156 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \times \frac{2 \text{ mol } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{46,07 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} \\ & = \frac{14 \ 115,848 \text{ g } C_2H_5OH}{180,156} \\ & = 78,35 \text{ g } C_2H_5OH \\ \% \text{ Conversión} & = \frac{78,35 \text{ g } C_2H_5OH \times 100}{153,2 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 51,14 \end{aligned}$$

Por lo tanto, por estequiometría se conoce que se obtendrá solamente a partir de la glucosa un rendimiento del 51,14% de sustrato con respecto a producto terminado.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Según Suárez, Garrido, & Guevara (2016), en condiciones ideales el porcentaje de rendimiento en la producción de etanol empleando *S. cerevisiae* es del 97,2%. Por lo tanto, se calcula el rendimiento teórico final en base a la conversión planteada estequiométricamente:

$$51,14 \times \frac{97,2\%}{100\%} = 49,70$$

Este valor corresponde al porcentaje teórico que se obtendría en condiciones ideales de conversión de la glucosa y el rendimiento de la levadura que se propone emplear. Para corroborar estos valores se debe realizar los análisis de materia prima que se describen a continuación.

4.1.1.1. Condiciones de mucílago para su análisis

El mucílago de cacao, estará almacenado en contenedores y refrigeración, cuando sea requerido para la producción, será descongelado a temperatura ambiente, para que una vez en estado líquido, pueda pasar por el filtrado para retener todos los sólidos suspendidos y su lavado con agua purificada y así obtener un mosto clarificado. De este mosto se tomarán 1 000 gramos de muestra, almacenara en un contenedor completamente cerrado y serán distribuidas para cada análisis la masa requerida.

4.1.1.2. Preparación de capsulas de porcelana

- a. Sumerja las cápsulas de porcelana en HNO₃ al 5% por 24 horas y enjuáguelas como mínimo tres veces con agua des ionizada.
- b. Una vez seca las cápsulas de porcelana, tome las cápsulas con guantes y marque la base exterior utilizando un marcador persistente colocando una clave que identifique a cada muestra.
- c. Coloque las cápsulas con ayuda de una pinza metálica dentro de la estufa de convección a una temperatura de 130 ± 3 °C durante una hora, tomando el tiempo desde el momento en el que se alcanzó esta temperatura, cumplida la hora saque las cápsulas y colóquelas dentro del desecador hasta alcanzar la temperatura del laboratorio aproximadamente unos 45 minutos.
- d. Pese cada cápsula de porcelana y anote la primera pesada.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

- e. Repita los pasos c y d, pero esta vez durante media hora desde que se alcance nuevamente la temperatura de 130 ± 3 °C. Realice y registre la segunda pesada.
- f. Repita el paso e para la tercera pesada. Calcule el promedio de la masa de cada cápsula. Verifique que la diferencia entre las pesadas de cada cápsula no sea mayor de 0,1 % en valor absoluto, si esto es así puede promediar las tres pesadas para cada muestra, de lo contrario no se alcanzó peso constante.

4.1.1.3. Determinación de pH.

Para la determinación de pH se debe utilizar la técnica descrita por la AOAC 981.12 (2005). La medición del pH en las muestras se realiza mediante el método potenciométrico, se utiliza un pH-metro previamente calibrado para su uso con tres tipos de buffers 4, 7 y 10. En un vaso de 100 mL se coloca 1 gramo de muestra de mucílago, se añaden 50 mL de agua destilada y deja en reposo por una hora con agitaciones lentas durante el intervalo de tiempo mencionado. Finalmente se mide el pH con un potenciómetro previamente para tener mayor precisión, los valores son reportados con dos decimales.

4.1.1.4. Determinación de la acidez.

Para la determinación de la acidez del mucílago de cacao criollo se utiliza la técnica descrita en la AOAC 942.15 (1996). Se realiza por titulación con una solución valorada de NaOH 0,1 N, se procederá a diluir la muestra utilizando un matraz Erlenmeyer de 250 mL de capacidad, tomando una alícuota de 5 mL de muestra y con una probeta añadir 50 mL de agua destilada libre de CO₂, agitando bien hasta que la dilución quede completamente homogénea y se adicionan 3 gotas de fenolftaleína al 1%, se procede a la titulación hasta la aparición de una coloración rosada persistente. La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico.

4.1.1.5. Determinación de humedad.

Para determinar la cantidad porcentual de humedad se realiza mediante el método propuesto por la AOAC 925.10, que consiste en la pérdida de peso de la muestra que se da por calentamiento en la estufa hasta obtener un peso constante.



$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_3 - P_1)}{P_2} \times 100$$

Donde:

P_1 : Peso de cápsula (g), P_2 : Peso muestra (g) y P_3 : P. cápsula + P. muestra seca (g)

El procedimiento consiste en pesar en una balanza analítica aproximadamente 3 gramos de pulpa y se coloca en una estufa a 100 ± 5 °C. por 24 horas, al término del tiempo se tapa el recipiente y se coloca en un desecador por un tiempo de 5 minutos, luego se registra el peso final y se determina el porcentaje de humedad.

4.1.1.6. Determinación de cenizas.

En la determinación de cenizas de mucílago de cacao criollo se utiliza el método impuesto por la AOAC 940.26 (1940). Para determinar cenizas en productos derivados de cacao se procede a realizar en un crisol de porcelana previamente tarado, se pesa 5 g de muestra para luego llevar a la mufla de calcinación a una temperatura de 600 °C, durante 4 horas a peso constante, pasando al desecador para enfriar durante 20 minutos y pesar.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_1 - P_0)}{P_m} \times 100$$

Donde:

P_1 : P. crisol + cenizas (g) P_0 : Peso del crisol (g) P_m : Peso muestra (g)

4.1.1.7. Determinación de los sólidos solubles.

Para la determinación de sólidos solubles se emplea el Método AOAC 932.12 modificado, por lo que, en un vaso de precipitado se coloca 1 gramo de pulpa agregando 50 mL de agua destilada precalentada a 80°C, se agita por 2 minutos en un vortex y se deja reposar por un tiempo de 20 minutos, luego se centrifuga a 3000 rpm, del cual se toma una alícuota para la medición de los grados °Brix.



4.1.1.8. Determinación de azúcares reductores.

Para la determinación de los azúcares reductores en el mucílago de cacao, se basa mediante la técnica descrita por la AOAC 925.36, 2014:

- a. Se pesa aproximadamente 10 gramos de la muestra, y se coloca en un matraz de 250 ml, al cual se agrega 90 ml de agua destilada y se hace hervir por 30 minutos agitando durante intervalos de 10, 15 y 20 minutos para luego ser filtrado; lo obtenido fue enrasado en una bureta.
- b. En otro matraz se coloca 5 ml de Fehling A y 5 ml de Fehling B, al cual se agrega 40 ml de agua destilada. Luego se deja hervir durante 4 minutos y se añadió 4 gotas de azul de metileno.
- c. Se titula en caliente hasta el cambio de color a rojo ladrillo. La cantidad de azúcares reductores se obtiene empleando la siguiente fórmula expresado en mg/litro:

$$\text{Azúcares Reductores} = 10 \cdot f \cdot a$$

Donde:

10 = Constante; F = Factor (Glucosa: 0,4945; levulosa: 0,0537; maltosa: 0,4710) y a = volumen gastados de la disolución.

4.1.2. Propuesta de proceso de producción de ron a base de mucílago de cacao.

4.1.2.1. Recepción y almacenamiento de la materia prima

Para la recepción de la pulpa de mucílago de cacao criollo se debe inspeccionar que se encuentre en muy buen estado y que la materia prima no contenga ningún tipo de materia extraña o contaminación alguna.

La recolección del mucílago de cacao en condiciones óptimas, debe ser acopiada la materia prima en recipientes higiénicamente adecuados, los recipientes utilizados para conservar el mucílago serán envases plásticos con capacidad de un 1 L, previamente congelados para evitar una posible fermentación, debido a la variabilidad de la temperatura,



en los cuales serán transportados hasta el lugar donde se realizará el procedimiento experimental.

4.1.2.2. Preparación del mosto y maceración

Luego de la determinar las características físico-químicas, se procede a la preparación del mosto con el mucílago previamente almacenado.

Paso 1. Filtrado:

Primeramente, se realiza un filtrado, en esta etapa se separan las partículas sólidas o impurezas que se encontraban en el mucílago de cacao para eliminarlas de la materia prima, para lo cual se utiliza un colador y agregando agua purificada se obtendrá el mosto clarificado. Se recomienda un colador o malla 40 previamente esterilizado.

Paso 2. Preparación del mosto:

El mosto antes de la fermentación se compone principalmente de mucílago, agua y azúcares, así como ácidos (málico y tartárico), además otros componentes químicos en menor cantidad, que son responsables de la composición final de la fermentación alcohólica, que gran parte de los azúcares del mosto se transformará en alcohol etílico.

El agua adicionada deberá ser igual al 30% de la pulpa, a temperatura entre 18 y 20 °C, el tiempo de maceración dado es de 1 semana, con el objetivo de que se desarrollen olores y sabores característicos en el mosto antes de la fermentación.

Al mosto se le debe realizar análisis como pH que este debe estar entre 3,0 y 3,2, y el contenido de °Brix debe estar entre 18 y 20 antes de iniciar la fermentación. Si no se cumple con los grados Brix ideales se deberá añadir azúcar al mosto listo para la fermentación, en un tanque de mezcla. Se añadirá la cantidad sugerida por Carrillo & León (2006) de azúcar por litro correspondiente al 7% del mosto total.



4.1.2.3. Preparación del inóculo

Para la fermentación se utilizará la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, muy común en procesos de fermentación de vinos, cervezas y procesos de elaboración de panadería, según la literatura, la levadura debe ser diluida de manera que su concentración sea 5 g/L de mosto macerado, a temperatura de 20 y 36 °C.

4.1.2.4. Proceso de fermentación

En esta etapa es utilizada la fermentación anaeróbica (sin oxígeno) que consiste en fermentar el mosto en un tanque de fermentación con una salida para el dióxido de carbono, esto propiciara que las levaduras puedan realizar su trabajo satisfactoriamente, durante un periodo correspondido entre 10 a 15 días.

El tiempo de este proceso dependerá de que el mosto en fermentación obtenga alrededor de 4 a 6 grados Brix. Es decir, se tomará muestras diarias con el refractómetro para verificar los grados Brix y así asegurarse de que la fermentación haya concluido.

En este proceso, se debe mantener una temperatura entre 20 y 30 °C, la cual será controlada a través del serpentín instalado dentro del tanque por donde pasará agua fría, ya que en caso la temperatura aumente el mosto tiene la probabilidad de oxidarse. Además, es necesario controlar el nivel de pH siendo el ideal entre 3,5 a 4.

4.1.2.5. Proceso de destilación

En este proceso, se separará el alcohol etílico (etanol) contenido en el mosto fermentado de todas las sustancias extrañas a él a 78 °C. Después de dos horas y media del destilado cae el primer chorro, el cual es desechado ya que contiene grandes proporciones de metanol (cabeza). Sólo se aprovechará el cuerpo del destilado, el cual representa el 25% del total ingresado al alambique. De este 25% se tomará una muestra para medir el nivel de alcohol el cual deberá estar en un promedio de 41,5 grados y la turbidez (incolores). El 75% restante se desecha ya que está compuesto por la vinaza (mosto cocido), cabeza y colas (agua con alcoholes). El proceso de destilación tiene una duración total de cinco horas.



4.1.2.6. Tiempo de envejecimiento

Tras la destilación, el líquido con grado alcohólico alto es puesto en barricas de roble para su crianza. La madera de roble se compone de 45% de celulosa, 25% de hemicelulosa, 23% de lignina y de 3 a 5% de taninos. Durante esta crianza, el ron evoluciona debido a los siguientes procesos:

- a. El oxígeno de la atmósfera penetra por los poros de la madera y uniéndose al etanol para formar acetales, de característicos aromas florales, oxidando, con lo que el ron adquiere los colores propios. Los alcoholes superiores reaccionan con ácidos para formar los ésteres que forman el aroma definitivo.
- b. El roble aporta al ron taninos, que originan la sensación de sequedad y aspereza pero que con el tiempo se van limando y dulcificando proporcionando al ron cuerpo y estructura.
- c. La madera aporta polisacáridos y sustancias aromáticas, muchas de ellas procedentes de la degradación de la lignina en el tostado.
- d. Durante el envejecimiento se produce la evaporación de agua y alcohol del destilado hacia la atmósfera de la bodega, ya que la barrica es porosa. Esta evaporación acarrea una reducción de volumen y una disminución del grado alcohólico. Así pues, el envejecimiento de los brandis es un proceso de evaporación controlada.
- e. El tiempo de envejecimiento será entre 3 a 6 meses, donde al alcanzará el porcentaje final de grado alcohólico de 40%.
- f. El lugar de envejecimiento será un cuarto cerrado tipo bodega.



4.1.3. Análisis físico-químico y organoléptico del producto final según las especificaciones de la Norma NTON 03 036-00.

Al producto terminado en pro de ser comercializado y aprobado por las instancias reguladoras deberán ser sometidos a los siguientes análisis.

4.1.3.1. Determinación del grado Alcohólico

Para esta determinación del grado alcohólico se utilizará el método establecido por la AOAC 957.03 (1960). Se tomará una muestra de 250 mL, utilizando una probeta de esta misma cantidad, donde se ocupará un alcoholímetro para medir el porcentaje de alcohol.

4.1.3.2. Determinación final del pH

Para la determinación de pH final se utiliza la técnica descrita en la AOAC 981.12 (2005). En la medición del pH se toma una muestra de 50 mL, utilizando el método potenciométrico previamente calibrado para su uso, se inserta el electrodo en el vaso que contiene la muestra y esperar a que la lectura del equipo sea estable. El pH óptimo final debe estar entre 3 y 4.

4.1.3.3. Determinación del contenido de Metanol

El metanol se determina mediante la técnica propuesta de la AOAC 972.11 por el método de cromatografía de gases. La cromatografía de gases es una técnica muy precisa para determinar y cuantificar el contenido de metanol y etanol en bebidas alcohólicas, empleando el método del estándar interno, obteniéndose así curvas de calibración que pueden ser validadas utilizando soluciones de concentración conocida de los alcoholes correspondientes. La concentración máxima permitida de metanol para este tipo de bebidas en Nicaragua es de 30 mg/mL.

4.1.3.4. Determinación del total de congéneres

- a. Para la determinación de alcoholes superiores se utilizará la técnica descrita por AOAC 968.09 por el método de cromatografía de gases.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

- b. Para la determinación de aldehídos y ésteres se utiliza la técnica propuesta por AOAC 950.05.
- c. Para la determinación de furfural se utilizará la técnica empleada por la AOAC 960.10 por el método de destilación a vapor-Espectrofotométrico.
- d. Para la determinación de acidez total se ocupará la técnica descrita por la AOAC 945.08.

4.1.3.5. Determinación de azúcares totales

Para la determinación de azúcares totales se utiliza el método volumétrico de general de Lane-Eynon, AOAC 923.09 (1923).

4.1.3.6. Determinación de metales contaminantes

Para la determinación de Cobre y Hierro se basa en los Métodos Oficiales propuestos por la AOAC 967.08 y AOAC 970.12 respectivamente, utilizando la Espectrofotometría de Absorción Atómica en ambos metales.

4.1.3.7. Análisis de las características Organolépticas

A través de un estudio cualitativo, se realizará un análisis sensorial en el que se evaluarán las características organolépticas del producto final como el sabor, olor y color. Para ello la muestra deberá estar conformada por 30 personas mayores de 18 años de edad que tengan experiencias sobre bebidas alcohólicas, excluyendo mujeres embarazadas y personas con problemas de salud, de esta manera evaluar la aceptación del ron a partir de mucílago de cacao criollo.

Para la evaluación de muestras de ron se realizarán dos tipos de pruebas; pruebas descriptivas y pruebas afectivas. Donde se destacarán las habilidades para la percepción y el uso de los sentidos, diferenciando sus características e indicando la preferencia y opinión con respecto a la bebida.



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

a. Prueba de olor y sabor.

Esta prueba tuvo como objetivo identificar la intensidad de atributos de olor y sabor utilizando la siguiente escala:

- | | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| 1. No perceptible. | 3. Moderado. | 5. Muy fuerte. |
| 2. Ligero. | 4. Fuerte. | |

Atributos a evaluar:

- | | | |
|----------------|-----------------------|----------------------|
| 1. Alcohólico. | 4. Mucílago de cacao. | 5. Quemado (amargo). |
| 2. Madera. | | |
| 3. Dulce. | | |

b. Prueba de color.

Esta prueba tiene como objetivo identificar características como la turbidez y la tonalidad. Para la opacidad se utilizará la siguiente escala:

- | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|
| 1. Muy turbio. | 3. Turbidez aceptable. | 4. Brillante |
| 2. Turbio. | | 5. Muy brillante. |

Para la prueba de tonalidad ámbar se usará la escala:

- | | | |
|----------------|----------------|-----------------|
| 1. Muy ligero. | 3. Intermedio. | 5. Muy intenso. |
| 2. Ligero. | 4. Intenso. | |

c. Prueba afectiva.

Estas pruebas tienen como objetivo determinar el nivel de agrado del ron. Se usó para ello una escala estructurada de siete puntos, donde:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. Me disgusta mucho. | 3. Me disgusta poco. | 6. Me gusta. |
| 2. Me disgusta. | 4. Me es indiferente. | 7. Me gusta mucho. |
| | 5. Me gusta poco. | |

ΚΑΠÍTΥΛΟ V





5.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados de la recopilación en la presente investigación y los objetivos planteados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. El mucílago de cacao al ser un residuo potencialmente aprovechable en la agroindustria por su composición química rica en carbohidratos, se realiza el cálculo estequiométrico propuesto para 1 000 gramos de mucílago sometido al proceso de producción de ron, encontrándose que por cada 153,2 gramos de glucosa contenidos en 1 000 gramos de mucílago se obtendrá un rendimiento del 51,14 % de sustrato con respecto a producto terminado ($78,35 \text{ g } C_2H_5OH$), esto sin contar los azúcares restantes en la composición del mucílago.
2. Los puntos críticos que deben ser controlados durante el proceso de producción del ron a partir del mucílago de cacao criollo empiezan desde el almacenamiento de la materia prima luego de ser extraída de la mazorca de cacao, puesto que al ser fácilmente oxidante se requiere almacenar en frío, posterior durante el proceso de preparación del mosto y macerado controlar los grados Brix y el tiempo, durante la fermentación el control estacionario de la temperatura es crucial, puesto que podría no fomentarse la acción de los microorganismo y disminuir a conversión química, en el almacenado que los barriles se encuentren completamente herméticos para evitar la pérdida en el añejamiento.
3. Es de vital importancia que los controles de calidad durante todo el proceso sean estrictamente cumplidos, en función de la calidad del producto terminado se requiere que cumplan con los valores establecidos en la Norma Técnica de bebidas alcohólica-Aguardiente NTON 03 036-00, para poder asegurar el consumo del producto, y así cumplir con los requisitos para su distribución.



5.2. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones presentadas en la investigación, se recomienda:

1. Realizar pruebas bajo condiciones de infraestructura y equipos similares a las que pueden contar los dueños de las cooperativas de cacao, con el propósito de simular las condiciones reales a las cuales se produciría el ron, además de conocer los rendimientos reales de producción.
2. Durante el almacenamiento de la materia prima llevar un control estricto de la limpieza del contenedor y temperatura, también, que el proceso sea continuo, es decir, que se someta a producción de ron el mucílago de inmediato se haga la recolección del mismo.
3. En relación a las pruebas experimentales se recomienda aplicar un diseño de experimento que permita conocer la granulometría óptima en malla, los tiempos de maceración, tiempo de fermentación y añejamiento, estos en pro de optimizar el proceso e incluso hacer diferentes calidades de ron, en base al añejamiento y porcentaje de alcohol.



5.3. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, G., & Rios, L. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de destilado a base de mucílago de cacao. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima. Recuperado el 21 de agosto de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13133>

Aldi, R., & Seguin, R. (2019). Industria de las bebidas. En L. Ward, SECTORES BASADOS EN RECURSOS BIOLÓGICOS. Recuperado el 6 de mayo de 2022, de <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+65.+Industria+de+las+bebidas>

Aelo, M. Á., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *IICA*. (M. A. Arvelo, Ed.) Retrieved Agosto 19, 2020 from Repositorio: <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>

Arvelo, M. Á., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *IICA*. (M. A. Arvelo, Ed.) Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de Repositorio: <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>

Ayestas, E. (2009). Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009. Trabajo de Graduación, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua. Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8058/Ayestas_Caracterizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bagsa. (25 de Marzo de 2019). Bolsa Agropecuaria de Nicaragua, S.A. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de <https://bagsa.com.ni/donde-se-cultiva-cacao-en-nicaragua/>

BAQUERIZO, M. J. (2013). UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/336/1/T-UTEQ-0011.pdf>



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Calderón, R. R. (2016). Docplayer.es. Obtenido de <https://docplayer.es/40531286-Elaboracion-de-brandy.html>

Calero, Y., & Moreno, Z. (2016). *Evaluación y determinación de la producción de vino a partir de exudado de cacao de la mezcla de variedades forastero amazónico, criollo e híbrido a escala de laboratorio, así como sus costos de producción, para la Cooperativa Multifuncional Cacaotera La*. Trabajo Monográfico para Optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte - Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Estelí. Recuperado el 22 de Agosto de 2022, de <https://ribuni.uni.edu.ni/2325/1/AGRO13.pdf>

Canales, Alvarado, & Pineda. (1996). *Metodología de la investigación, Manual para el Desarrollo de personal de Salud*. OPS. Retrieved Abril 10, 2019

CIIDEPT, Argentina. (2020). Centro de innovación e investigación para el desarrollo educativo, productivo y tecnológico. Obtenido de <https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2015/09/microbiologia-en-la-escuela-primaria-CIIDEPT-2015.pdf>

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (junio de 2012). Hoja botánica: Cacao. *Theobroma cacao L.* Proyecto Perúbiodiverso, Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú. Lima: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de http://www.botconsult.de/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf

Escobedo, A. (2010). Cadena Productiva de Cacao de Nicaragua. CATIE Soluciones para el ambiente y desarrollo, Agro negocios . CATIE. Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de <http://agronegocios.catie.ac.cr/images/pdf/cadena%20productiva%20nicaragua.pdf>

Enríquez, G. (1985). Curso sobre el cultivo de cacao. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eZgOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=cacao+nicaragua&ots=IrtO40Nh6O&sig=Dv9R9tZVQO0MeCwas9AtAMU2p8w#v=onepage&q=cacao%20nicaragua&f=false>



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

FDA. (Marzo de 2020). Accesdata. Obtenido de https://www.accessdata.fda.gov/scripts/InteractiveNutritionFactsLabel/assets/InteractiveNFL_TotalCarbohydrate_Spanish_March2020.pdf

Gayoso, E. (27 de junio de 2018). Delitébe. Obtenido de <https://www.delitebe.com/doc/FichasTecnicas/7774005003.pdf>

Gourmet Hunters. (06 de 01 de 2021). Obtenido de Gourmet Hunters: <https://www.gourmethunters.com/blog/es/brandy-que-es-y-como-se-elabora/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20elabora%20el%20brandy,condensaci%C3%B3n%2C%20para%20obtener%20el%20aguardiente>

Graziani, L., Ortiz, L., Angulo, J., & Parra, P. (Septiembre de 2002). Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, venezuela . Scielo Analytics, 1. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006

Guevara, M., & Salazar, R. (2015). Caracterización morfológica del fruto y la semilla de 9 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) realizado en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el año 2014-2015. Seminario de Graduación para Optar al Título de Ingeniero Agrónomo, UNAN-MANAGUA FAREM CHONTALES, CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD, Chontales. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de <https://repositorio.unan.edu.ni/782/1/10407.pdf>

Hernandez, R., Fernandez, F., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Johnson, J., Bonilla, J., & Castillo, L. (10 de Septiembre de 2008). *Manual de manejo y producción del cacaoero*. Universidad Nacional Agraria . Leon: Cenida. Recuperado el 6 de Agosto de 2020, de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>

Joyal. (04 de Marzo de 2020). Obtenido de Shanghai Joyal Machinery Global Site: <https://www.joyalcrusher.com/es/products/Grinding/Ball->



Propuesta de aprovechamiento del mucílago de cacao criollo (Theobroma cacao L.) para la producción de ron, Departamento de Química, UNAN-Managua, Abril - Julio 2022

Recuperado el 22 de agosto de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

Taleno, G., & Morales, M. (2014). *Elaboración de un nuevo producto a base de grano de Cacao obteniendo como producto final Vino en la UNAN -FAREM Chontales, Managua durante el II semestre del año 2014*. Seminario de Graduación para optar al Título de Ingeniero Agroindustrial , UNAN-FAREM –Chontales, Managua, Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud, Chontales. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de <https://repositorio.unan.edu.ni/3830/1/11070.pdf>

Toledo, M. (2020). Mettler Toledo. Obtenido de Mettler Toledo: <https://www.mt.com/es/es/home/perm-lp/product-organizations/ana/brix->

Uribe, D. P. (septiembre de 2020). UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/39032/dypachecou.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yara. (2022). Yara. Obtenido de <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/citricos/solidos-solubles-totales-sst-en-citricos/>

Zarsa, L. (2018). iagua.es. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-destilacion-y-que-sirve>

ANEXOS



Anexo 1. Imágenes del marco teórico.



Figura 1. Clasificación taxonómica del cacao.



Figura 2. Partes de la planta de cacao.



Figura 3. Tipología de cultivares de cacao y diferencias en sus frutos. Editado por: Autor.

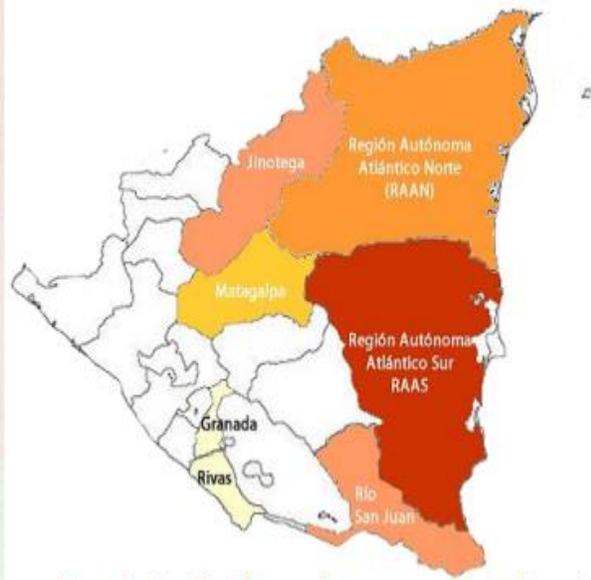


Figura 4. Distribución por departamento del cultivo de cacao en Nicaragua.



Figura 5. (a) Cosecha madura de cacao: Cambio de pigmentación, de verde pasa al amarillo o al rojo. (b) Cosecha madura de cacao: cambio de pigmentación, de verde pasa al rojo–violácea. Editado por: Autor.



Figura 6. Mazorca debidamente quebrada, para luego depositar los granos en un recipiente limpio.



Figura 7. Subcapas del pericarpio del fruto de cacao.

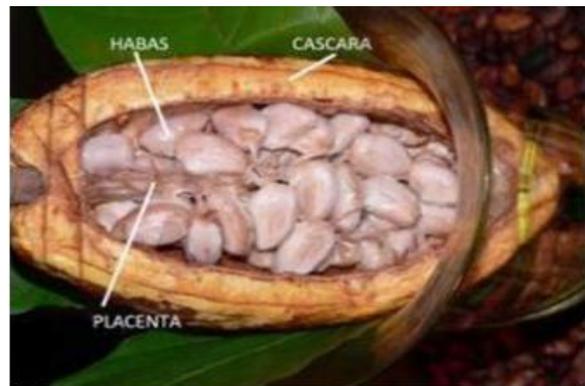


Figura 8. Composición del fruto de cacao.



Anexo 2. Flujoograma de proceso de producción.

