UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

TEMA:

APROVECHAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE SAMBO (*Cucúrbita ficifolia B*) PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE COMESTIBLE, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustrias.

Autores:

Daicy Susana Gavilanez Paredes

Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano

Tutor:

Ing. Favián Bayas Morejón PhD.

Guaranda - Ecuador

2024

APROVECHAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE SAMBO (*Cucúrbita ficifolia B***) PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE COMESTIBLE, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.**

REVISADO Y APROBADO POR:

.....

Ing. Favián Bayas Morejón PhD.

TUTOR

.....

Ing. Marcelo García Muñoz MGs.

PAR LECTOR

.....

Dra. Herminia Sanaguano Salguero PhD.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Daicy Susana Gavilanez Paredes con CI: 0604869388 y, Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano con CI: 1250591730, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Daicy Susana Gavilanez Paredes

CI: 0604869388

Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano

CI: 1250591730

Ing. Favián Bayas Morejón PhD.

CI: 0201811916

Notaria Tercera del Cantón Guaranda
Msc.Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

NOTARIA TERCERA
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
GUARANDA - ECUADOR

rio...

N° ESCRITURA: 20240201003P01429

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: TIXILEMA CAIZAGUANO DAYSI JACQUELINE y

GAVILANEZ PAREDES DAICY SUSANA

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000006266

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día cuatro de Junio del dos mil veinticuatro, **ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda**, comparecen **TIXILEMA CAIZAGUANO DAYSI JACQUELINE,** soltera de ocupación estudiante, domiciliada en la Parroquia Guanujo del Cantón Guaranda Provincia Bolívar, con celular número (0991406040), su correo electrónico es daysitixilema@gail.com, y, **GAVILANEZ PAREDES DAICY SUSANA,** soltera de ocupación estudiante, domiciliada en la Parroquia Guanujo del Cantón Guaranda Provincia Bolívar, con celular número (0991107695), su correo electrónico es deisygavilanez18@gmail.com, por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocer doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que proceden libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento declaran lo siguiente manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado **APROVECHAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE SAMBO *(Cucúrbita ficifolia B)* PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE COMESTIBLE, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.** es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autoras, previo a la obtención del título de Ingenieras en Agroindustrias de la Facultad Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta notaria, aquellas se ratifican y firman conmigo de todo lo cual doy Fe.

TIXILEMA CAIZAGUANO DAYSI JACQUELINE
C.C. 12505917 3-0

GAVILANEZ PAREDES DAICY SUSANA
C.C. 060486938-8

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ
NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Aprovechamiento de semillas de Sambo (Cucúrbita ficifolia B.) para la obtención de aceite comestible

AUTOR

Tutor: Favian Bayas Morejón

RECUENTO DE PALABRAS

9909 Words

RECUENTO DE CARACTERES

53848 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

33 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

114.4KB

FECHA DE ENTREGA

Jun 3, 2024 4:51 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 3, 2024 4:52 PM GMT-5

7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Bloques de texto excluidos manualmente



Ing. Favián Bayas Morejón PhD.

TUTOR

CI: 0201811916

DEDICATORIA

La concepción de este trabajo de investigación, está dedicado a Dios y a mi familia. A Dios, porque ha estado conmigo en todo momento, guiándome, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi familia, quienes, a lo largo de mi vida, han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza, en cada reto que se ha presentado, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

En este momento de culminación académica, quiero dedicar unas palabras llenas de agradecimiento y reconocimiento. Aunque mi padre ya no está físicamente presente, su espíritu y legado siguen vivos en cada logro que alcanzo. A ti, papá, quiero expresarte mi gratitud eterna por tu amor incondicional, tu apoyo constante y tu confianza en mi capacidad para alcanzar mis metas. A pesar de tu partida, siempre has sido mi mayor inspiración y motivación. Tu ausencia física ha dejado un vacío en mi corazón, pero tu recuerdo y sabiduría siguen guiando mis pasos. Gracias, papá, por creer en mí y por ser mi guía. Este logro es en honor a ti y a todo lo que representas.

Con amor y admiración:

Daicy Gavilanez

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en los momentos de mayor necesidad, y a la Virgencita de y al Divino Niño Jesús, por bendecirme y otorgarme sabiduría diariamente. Mi más profundo agradecimiento a mi madre Zoila Rosa Caizaguano y a mi Padre Luis Enrique Tixilema, quienes han sido fundamentales en la consecución de este importante logro. También agradezco a mis hermanos por sus valiosos consejos y por qué eran quienes me daban fuerzas para seguir adelante ofreciéndome un apoyo moral e incondicional en todo momento.

Mi querido Abuelito, merecen un especial reconocimiento por ser pilares clave en mi vida quien también me apoyaba en mi vida cotidiana. Para mi padrino también tienen un lugar especial, por su confianza inquebrantable, su apoyo constante en diversas situaciones, y por haber contribuido significativamente a formar la persona que soy hoy, inculcándome la perseverancia y dedicación.

Para concluir, dedico esta tesis a Daicy Gavilanez, una amiga incondicional que me ofreció su confianza y apoyo desde nuestro primer día de clases, y quien me enseñó a nunca rendirme, a completar mis estudios y a alcanzar mis metas y objetivos que he tenido hasta el día de hoy. También dedico esta tesis a Diego Cando, una persona que me ofreció su confianza y apoyo desde nuestro primer día que nos conocimos, no puedo expresar con palabras lo agradecida que estoy por tu amabilidad y buen corazón. gracias por ser quién eres y quien me enseñó a nunca rendirme y a cumplir mis objetivos que he tenido para completar mis estudios.

Daysi Tixilema

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este trabajo, merece expresar un profundo agradecimiento, aquellas personas que de alguna forma son parte de su culminación, quienes con su ayuda, apoyo y compresión me alentaron a lograr esta hermosa realidad, mi agradecimiento va dirigido especialmente a mis padres y a mi novio, quienes me han apoyado arduamente día tras día.

A mis profesores quienes han impartido sus conocimientos y experiencias, para formarme como una profesional, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Favian Bayas. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. Así como también, a la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar, por su dedicación y compromiso con mi formación académica.

Con cariño, agradecimiento y respeto.

Daicy Gavilanez

AGRADECIMIENTO

Inicialmente, expreso mi sincero agradecimiento a Dios por otorgarme vida y sabiduría, y por ser mi sostén y refugio en tiempos de adversidad. Un agradecimiento especial a mis padres, quien ha sido el soporte esencial en mi vida, mi guía y fuente de amor inagotable. Gracias a ellos, he podido perseguir y realizar mis sueños y objetivos. Extiendo mi agradecimiento a toda mi familia, especialmente a mis hermanos, por su amor incondicional y su apoyo constante.

Mi reconocimiento va también para la Universidad Estatal de Bolívar a la carrera de Agroindustria, que me abrieron las puertas para alcanzar mis metas y enriquecer mi vida con experiencias valiosas, siendo un pilar fundamental en mi educación. Agradezco a todos mis docentes por ser la base fundamental de mi conocimiento actual y por impartir su sabiduría en cada una de sus clases.

Un agradecimiento profundo y sincero para mi tutor de tesis Dr. Favian Bayas, por su apoyo incondicional, profesionalismo y guía excepcional a lo largo de este proyecto. Igualmente, agradezco al Ing. Marcelo García y a la Dra. Herminia Sanaguano por su contribución profesional y ética al desarrollo de este trabajo.

Finalmente, expreso mi gratitud a todas las personas de mi equipo de trabajo, con la esperanza de haber compartido conocimientos y dedicación. Mil gracias por todas las jornadas de estudio, tanto días como noches, a lo largo de toda la carrera.

Daysi Tixilema

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	**Página**
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.2.1. Enunciado del problema	3
1.2.2. Situación problemática	3
1.2.3. Formulación del problema	4
1.2.4. Pregunta de investigación	4
1.2.5. Sistematización del problema	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. HIPÓTESIS	6
1.4.1. Hipótesis nula (Ho)	6
1.4.2. Hipótesis alterna (Ha)	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)	7
2.1.1. Generalidades del sambo	7
2.1.2. Taxonomía del sambo	8
2.1.3. Características del sambo	8
2.1.4. Valor nutricional del sambo	9
2.1.5. Producción mundial del sambo	10
2.1.6. Producción del sambo en el Ecuador	11
2.2. Semilla de sambo	11
2.2.1. Características de la semilla del sambo	12

2.2.2. Composición química de la semilla del sambo 13
2.2.3. Propiedades de la semilla del sambo 14
2.2.4. Industrialización de las semillas del sambo 14
2.3. Aceites 15
2.3.1. Definición del aceite 15
2.3.2. Composición de los aceites 16
2.3.3. Características del aceite 17
2.3.4. Clasificación de los aceites 18
2.3.5. Tipos de aceites 19
2.4. Métodos de obtención del aceite 19
2.4.1. Prensado en frío 20
2.4.2. Extracción con solventes 20
2.4.3. Expeller o prensado en caliente 20
2.4.4. Hidroextracción 20
2.4.5. Prensado de tornillo 20
2.4.6. Proceso de refinación del aceite comestible 21
2.5. Lípidos 22
2.5.1. Características de los lípidos 22
2.5.2. Clasificación de los lípidos 23
2.5.3. Función de los lípidos 24
2.6. Ácidos grasos 25
2.6.1. Ácidos grasos saturados 25
2.6.2. Clasificación de los ácidos grasos saturados 25
2.6.3. Características de los ácidos grasos saturados 26
2.6.4. Ácidos grasos insaturados 26
2.6.5. Clasificación de los ácidos grasos insaturados 26
2.6.6. Características de los ácidos grasos insaturados 27

CAPÍTULO III 28
3. MARCO METODOLÓGICO 28
3.2. Ubicación y caracterización de la investigación 28
3.2.1. Localización de la investigación 28
3.2.2. Situación geográfica y climática de la localidad 28
3.2.3. Zona de vida 29
3.3. Metodologia 29
3.3.1. Material en estudio 29
3.3.2. Factores en estudio 30
3.3.3. Tratamientos 31
3.3.4. Características del experimento 32
3.3.5. Variables respuesta 32
3.3.6. Tipo de diseño experimental 32
3.3.7. Modelo de análisis de varianza (ANOVA) 33
3.3.8. Prueba de rangos múltiples 34
3.4. Manejo de la investigación 34
3.4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima 34
3.4.2. Obtención de aceite comestible de semilla de sambo 35
3.4.3. Diagrama de proceso para el aceite comestible de semilla de sambo 36
3.4.4. Determinación del refinado del aceite mediante perfil lipídico 37
3.4.5. Determinación del control de calidad del aceite obtenido 37
3.4.6. Análisis estadístico 41
CAPÍTULO IV 42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
4.1. Análisis físicos y químicos de la semilla de sambo 42
4.2. Obtención del aceite de semilla de sambo 43
4.2.1. Determinación del perfil lipídico del aceite 44

4.3. Parámetros de control de calidad para el aceite obtenido 45
4.3.1. Anova del índice de peróxido de los tratamientos 46
4.4. Diseño comercial del aceite de semilla de sambo 50
CAPÍTULO V 51
5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 51
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52
5.2.1. Conclusiones 52
5.2.2. Recomendaciones 52
BIBLIOGRAFÍA 53
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N.º Tabla		Página
1.	Clasificación taxonómica del del sambo	8
2.	Valor nutricional del sambo	10
3.	Producción de sambo en el Ecuador	11
4.	Composición química de la semilla del sambo	13
5.	Evaluación de la calidad de los aceites comestibles	16
6.	Localización de la investigación	28
7.	Aspectos generales del territorio	28
8.	Representación de los factores en estudio para el refinado del aceite	31
9.	Combinación de los factores con los niveles	31
10.	Características de la experimentación	32
11.	Variables de respuesta	32
12.	Análisis de varianza (ANOVA) para el diseño en arreglo factorial AxBxC	33
13.	Valores promedios de humedad, ceniza, grasa y fibra de la semilla de sambo	42
14.	Parámetros de obtención del aceite de semilla de sambo	43
15.	Perfil lipídico del aceite de semilla de sambo	44
16.	Valores de parámetros de calidad del aceite esencial	45
17.	Anova de peróxidos de los factores en estudio	46
18.	Prueba de rangos múltiples del factor A en el contenido de peróxidos	47
19.	Prueba de rangos múltiples del factor B en el contenido de peróxidos	48
20.	Prueba de rangos múltiples del factor C en el contenido de peróxidos	48
21.	Medias de los tratamientos	49

ÍNDICE DE FIGURAS

N.º Figura	Página
1. Sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)	7
2. Anatomía de la *Cucúrbita ficifolia B*	9
3. Semilla de sambo (*Cucurbita ficifolia B*)	12
4. Partes de la semilla del sambo	13
5. Aceite	16
6. Diagrama de proceso para la extracción de aceite de sambo	36
7. Medias del factor A en el contenido de peróxidos	47
8. Medias del factor B en el contenido de peróxidos	47
9. Medias del factor C en el contenido de peróxidos	48
10. Etiqueta del aceite de sambo	50

ÍNDICE DE ANEXOS

N.º Anexo

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación

Anexo 2. Análisis fisicoquímico de las semillas de sambo

Anexo 3. Análisis fisicoquímico del aceite comestible

Anexo 4. Prensado de las semillas de sambo en el tornillo con presión de 60 kps a 950 kps

Anexo 5. Proceso de refinado del aceite obtenido de semillas de sambo

Anexo 6. Control de calidad del aceite obtenido de semillas de sambo

Anexo 7. Glosario

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue aprovechar las semillas de sambo (*Cucúrbita ficifolia B*) para la obtención de un aceite refinado comestible. Se ejecutó una revisión bibliográfica acerca de la producción del sambo, características de la semilla de sambo, método de extracción del aceite a través del prensado de tornillo, proceso de refinamiento para mejorar la calidad del aceite y caracterización de las propiedades físico-químicas del aceite. Se aplicó un diseño en arreglo factorial AxBxC (3x2x2), los factores de estudio empleados fueron temperatura de calentamiento del aceite con tres niveles, % de cloruro de sodio con dos niveles y % de ácido cítrico para la inhibición de peróxidos con dos niveles, el propósito de considerar estos factores fue analizar cómo influyen en el proceso de extracción y refinado del aceite comestible. Las variables respuestas fueron acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos y viscosidad. Dentro de la metodología experimental se caracterizó las propiedades físico-químicas de la semilla donde se reportó parámetros de humedad (6,06%), ceniza (6,13%), grasa (46,15%) y fibra (21,80%). En la extracción de aceite de semilla de sambo se manejó el método de prensado de tornillo por el cual se obtuvo un volumen de 161,75 ml, un rendimiento de 28% con una densidad de 0,91 g/ml a partir de 500 g de muestra. Se realizó un análisis cromatográfico para determinar el perfil lipídico en el aceite extraído donde los ácidos grasos más relevantes fueron el ácido oleico 31,33%, ácido linoléico 38,57%, ácido linolénico 0,38%, ácido palmítico 15,78% y ácido esteárico 8,64%. Dentro de los parámetros de calidad del aceite sin refinar se encontró: acidez de 0,69%, índice de saponificación de 143,29 ml/g, índice de peróxidos de 4,59 mEq O_2/kg y una viscosidad de 0,43 cP, dichos valores encontrados se encuentran dentro de los parámetros de calidad tal como menciona la Normativa INEN NTE 038 y la Normativa Mexicana NMX-F-808-SCFI2018. Para el proceso de refinación del aceite se utilizó 8% cloruro de sodio y 1,5% de ácido cítrico a una temperatura de 80ºC en donde se logró reducir el índice de peróxido de 4,59 mEq O_2/kg a 3,15 mEq O_2/kg. Como conclusión se muestra que el aceite de semilla de sambo refinado presentó un nivel bajo de peróxido el cual es un indicador de la calidad y frescura del aceite comestible manteniendo de esta manera un sabor único y mejorando la vida útil del aceite refinado.

Palabra claves: semilla de sambo, refinado, peróxidos, aceite comestible, ácidos grasos.

SUMMARY

The objective of the research was to use sambo seeds (*Cucúrbita ficifolia B*) to obtain an edible refined oil. A literature review was carried out on sambo production, sambo seed characteristics, oil extraction method through screw pressing, refining process to improve oil quality, and characterization of the physical-chemical properties of the oil. A factorial arrangement design AxBxC (3x2x2) was applied, the study factors used were oil heating temperature with three levels, % of sodium chloride in the refining with two levels and % of citric acid for peroxide inhibition in the refining with two levels, the purpose of considering these factors was to analyze how they influence the extraction and refining process of edible oil. The response variables were acidity, saponification index, peroxide index and viscosity. As part of the experimental methodology, the physicochemical properties of the seed were characterized and parameters of moisture (6,06%), ash (6,13%), fat (46,15%) and fiber (21,80%) were reported. In the extraction of sambo seed oil, the screw pressing method was used to obtain a volume of 161,75 ml, a yield of 28% with a density of 0,91 g/ml from 500 g of sample. A chromatographic analysis was performed to determine the lipid profile in the extracted oil where the most relevant fatty acids were oleic acid 31,33%, linoleic acid 38,57%, linolenic acid 0,38%, palmitic acid 15,78% and stearic acid 8,64%. Within the quality parameters of the unrefined oil it was found: acidity of 0,69%, saponification index of 143,29 ml/g, peroxide index of 4,59 mEq O_2/kg and a viscosity of 0,43 cP, these values found are within the quality parameters as mentioned in the INEN NTE 038 Standard and the Mexican Standard NMX-F-808-SCFI2018. For the oil refining process, 8% sodium chloride and 1,5% citric acid were used at a temperature of 80ºC, where the peroxide index was reduced from 4,59 mEq O_2/kg to 3,15 mEq O_2/kg. In conclusion, the refined sambo seed oil showed a low level of peroxide, which is an indicator of the quality and freshness of the edible oil, thus maintaining a unique flavor and improving the shelf life of the refined oil.

Keyword: sambo seed, refining, peroxides, edible oil, fatty acids.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El sambo (*Cucúrbita ficifolia B*), es una planta cultivada por sus frutos comestibles, que son apreciados por su sabor y versatilidad en la cocina, así como por sus posibles beneficios para la salud. Esta planta presenta un tono verde o amarillo (Tovar, 2022). Sus hojas son anchas ovalados pecioladas, con zarcillos; su fruto es globuloso y liso, sus semillas son color negro; su corola de amarilla un cáliz corto verde y un pedúnculo alargado hacia la unión con el fruto (Benítez, 2022).

La producción del sambo a nivel mundial en el año 2022 fue de 238 Toneladas métricas, los países que más cultivos presentan son, México (35%), España (22%), Filipinas (14%), Sudáfrica (8%), Perú (6%), Bolivia (5%) y Ecuador (5%) (Cepeda, 2021). En el Ecuador las provincias donde se cultivan en mayores cantidades son: Azuay, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Pichincha, Tungurahua con una producción de 102 toneladas por año (Arévalo & Reátegui, 2020).

En condiciones óptimas de cultivo, como en áreas elevadas entre 1000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, como ocurre en la provincia de Bolívar, donde se registra la mayor cosecha de Sambos, una planta puede llegar a generar hasta 50 frutos (Cepeda, 2021). En la provincia Bolívar los lugares de Guanujo, Chimbo y San Miguel presentan la mayor producción abarcando un total de 1015 Tn, de este valor total el 7% representa el peso de las semillas equivalentes a 75 Tn (Alvarez, 2019; ESPAC, 2021). Sin embargo, cabe recalcar que la semilla de sambo que se utilizó para la extracción del aceite comestible, se la obtuvo de la ciudad de Ambato, por la razón de que existe en mercado mayorista y la semilla se puede adquirir en grandes cantidades.

Las semillas de *Cucurbita ficifolia B* conocidas como chilacayote o calabaza de higuera, exhiben características distintivas. Estas semillas generalmente planas y ovaladas presentan colores que varían entre tonalidades marrones y beige (Hernández et al., 2020). Nutricionalmente, son ricas en proteínas, grasas saludables, fibra, vitaminas y minerales, son reconocidas por sus propiedades medicinales que se emplean tradicionalmente para tratar la inflamación prostática (Rosario, 2019).

Estas semillas son consumidas crudas o tostadas y se pueden integrar en diversas preparaciones culinarias. Se aprovechan en la producción de varios productos, destacando el aceite utilizado en la cocina y la industria alimentaria tales como: snacks, aceites, harinas, alimentos funcionales, productos cosméticos y suplementos nutricionales (Cepeda, 2021). La versatilidad de la semilla la convierte en un componente valioso en diversos sectores, ofreciendo beneficios nutricionales y potencialmente saludables (Hernández et al., 2020).

Los aceites y grasas vegetales están mayormente constituidos por triglicéridos, que son ésteres conformados por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol (Ramírez, 2018). Estos se destacan por su falta de solubilidad en agua y su capacidad de disolverse en solventes orgánicos no polares. Es esencial moderar su consumo, ya que un uso excesivo puede aumentar el contenido calórico en la dieta (Vega, 2023).

Para la extracción del aceite se pueden emplear dos métodos como: la extracción mecánica (por presión), que se aconseja para semillas con un contenido de grasa superior al 20% y la extracción con disolventes moléculas de hidrocarburos volátiles purificados (Corsini, 2020). El aceite refinado presenta beneficios que incluyen una mayor estabilidad y durabilidad debido a la eliminación de impurezas, lo que prolonga su vida útil y lo hace menos propenso a la oxidación. Es importante tener en cuenta que, aunque la refinación ofrece beneficios, también puede resultar en la pérdida de algunos nutrientes y compuestos bioactivos presentes en el aceite original (Cagua, 2020).

El rendimiento de los aceites comestibles depende de diversos factores, sobre todo el método de extracción y la calidad de la materia prima. Normalmente el rendimiento es del 28%, es decir si se utiliza 3 kg de semilla de sambo se obtiene 1000 ml de aceite comestible mediante el método de prensa de tornillos. La presente investigación tiene como finalidad aportar una nueva alternativa al aprovechamiento de las semillas de *Cucurbita ficifolia B* en la obtención de un aceite refinado con propiedades como proteínas, grasas saludables, fibra, vitaminas y minerales beneficiosas para la salud humana.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. Enunciado del problema

Los aceites o grasas de origen vegetal o animal son utilizados comúnmente en la cocina, ya sea para freír, guisar o simplemente aromatizar. Los aceites de oliva, palma, soja, girasol, maíz y colza se encuentran entre los de esta categoría. A pesar de ser sustancias orgánicas producidas a partir de semillas u otros componentes vegetales, pueden convertirse en grasas hidrogenadas o trans al pasar por un proceso químico.

En la actualidad el aumento de la incidencia del cáncer, las cardiopatías y la obesidad se relaciona con una mayor ingesta de ácidos grasos poliinsaturados. El síndrome premenstrual, varias afecciones inflamatorias en distintos órganos y un sistema inmunitario debilitado son sólo algunos de los síntomas causados por el uso excesivo de aceite vegetal refinado.

Sin embargo, el consumo excesivo de estas grasas es perjudicial para la salud, por lo que eleva los niveles de colesterol en sangre. La innovación en el sector industrial se ve obstaculizada por el desconocimiento de los beneficios nutricionales del sambo y sus semillas, así como la forma de utilizarlos y buscar nuevos métodos.

1.2.2. Situación problemática

No obstante, aunque las semillas y pulpa de sambo se utilizan en una amplia gama de artículos culinarios, no obtienen el valor adicional que cabría esperar dado su alto contenido en grasa. Se pretende sustituir el aceite de palma y la grasa animal ya que estos son potencialmente perjudiciales para la salud, por lo que contienen un porcentaje elevado de grasa saturada que aumentan el nivel de colesterol provocando enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes tipo 2, salud de hígado. Mientras que el aceite de la semilla de sambo presenta mayor contenido de gasas insaturadas tales como ácido: oleico, linoléico, linolénico y mejor índice de peróxidos que ayudan a reducir el colesterol, inflamación crónica, controla la glucosa de la sangre, regula la presión arterial y reduce el riesgo de cáncer, lo que lo convierte en un mejor aceite que el de palma, girasol, oliva y aceites comunes.

1.2.3. Formulación del problema

La investigación a realizar tiene como finalidad el desarrollo de un aceite comestible a partir de semillas de sambo beneficiando la salud cardiovascular al mantener niveles saludables de colesterol, lo hacen útil en una variedad de platos, aunque se debe consumir con moderación como parte de una dieta equilibrada.

1.2.4. Pregunta de investigación

¿Es posible el aprovechamiento de las semillas de sambo (*Cucúrbita ficifolia B*) para la obtención de aceite comestible como una fuente de comida saludable?

1.2.5. Sistematización del problema

Para el progreso de esta investigación se planteó las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las características físicas y químicas de la semilla para el proceso de extracción de aceite?

¿Cuál es la cantidad de ácidos grasos presentes en el aceite?

¿De qué manera se puede caracterizar los parámetros fisicoquímicos del aceite obtenido basada en los parámetros establecidos en las normas técnicas?

¿Qué se necesita para determinar los parámetros de calidad del aceite comestible?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Aprovechar las semillas de sambo (*Cucúrbita ficifolia B*) para la obtención de aceite comestible, en el Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer las características fisicoquímicas de la semilla para el proceso de extracción.
- Determinar el perfil lipídico de los aceites obtenidos.
- Determinar las mejores condiciones del refinado del aceite mediante el índice de peróxidos.
- Determinar los parámetros de control de calidad del aceite obtenido mediante análisis de índice de acidez, viscosidad, índice de peróxido y reconocimiento saponificable.
- Diseñar la marca comercial.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (Ho)

H_o: Tras la obtención de aceites comestibles y sus posteriores análisis de peróxidos no muestra diferencia significativa en los tratamientos.

$$H_o = T_1 = T_2 = T_3 = T_n$$

1.4.2. Hipótesis alterna (Ha)

H_a: Tras la obtención de aceites comestibles y sus posteriores análisis de peróxidos se muestra diferencia significativa en los tratamientos.

$$H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_n$$

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

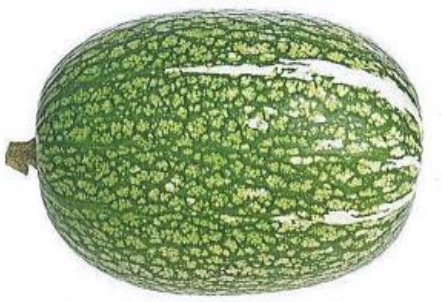
2.1. Sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)

2.1.1. Generalidades del sambo

La *Cucúrbita ficifolia B* es conocida comúnmente en diferentes países como sambo, chilacayote, ayote o calabaza. Es una planta originaria de América Latina, perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, es cultivada en gran cantidad principalmente por su pulpa, la cual se emplea en la preparación de dulces (Muñoz & Rodríguez, 2024). Además, puede ser utilizada como un patrón de injerto para otras plantas de la misma familia, como melones y pepinos, en áreas de menor altitud. Sus flores son de tipo monoico, dependen de insectos para llevar a cabo el proceso de fertilización (Zhang et al., 2021).

Figura 1

Sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)



Nota. La figura muestra la forma de un sambo. Tomado de *REPOSITORIO DIGITAL UTC*, por (Tovar, 2022).

Se menciona que el sambo es una planta monoica rastrera o trepadora de tallos con gran vigor según Benítez (2022), sus hojas son anchas ovalados pecioladas, con zarcillos; su fruto es globuloso y liso de mesocarpio blanco fibroso; sus semillas son color negro; su corola amarilla de cáliz corto verde y un pedúnculo alargado hacia la unión con el fruto.

2.1.2. Taxonomía del sambo

Tabla 1

Clasificación taxonómica del del sambo

Sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Orden	Violales
Familia	Cucurbitácea
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Género	*Cucurbita*
Especie	*Cucúrbita ficifolia Bouché*

Nota. La tabla indica la descripción taxonómica del sambo. Tomado y modificado de *REPOSITORIO DIGITAL UTA*, por (Benítez, 2022).

2.1.3. Características del sambo

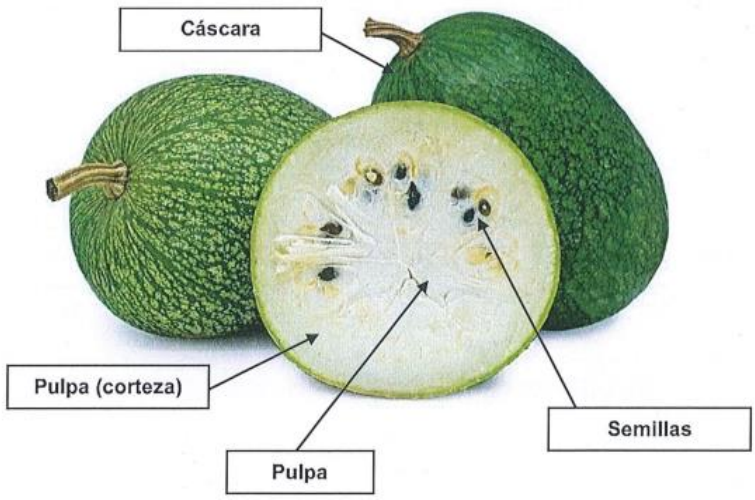
Las características morfológicas que resaltan del sambo, son sus largos entrenudos y sus zarcillos de poco diámetro que son necesarios para sostener a la planta debido a su producción de varios frutos grandes y pesados (Alvarado, 2022).

- **Hojas:** las hojas son grandes, alternas, palmadas, con cinco lóbulos profundos y bordes dentados.
- **Flores:** produce flores amarillas, unisexuales, con flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. Las flores son solitarias y se desarrollan en los nudos de los tallos (Alvarez, 2019).
- **Tamaño:** es una planta herbácea anual rastrera que puede alcanzar los 5 metros de altura (aunque no son raros los ejemplares de hasta 15 metros). Esta planta lanza zarcillos a lo largo de su tallo que utiliza para aferrarse y trepar por las plantas cercanas.
- **Tallo:** es una estructura tubular con paredes que contienen mucha agua y un centro hueco. Está cubierto por pequeños y finos pelillos que hacen difícil tocarlo. En los ángulos del tallo, se pueden ver fácilmente filamentos delgados y resistentes en forma de espiral llamados zarcillos (Barrón et al., 2022).

- **Hábitat y cultivo:** se cultiva en regiones de clima cálido y subtropical. Prefiere suelos bien drenados y requiere un riego regular para su cultivo.
- **Frutos:** son alargados, de forma cilíndrica o en forma de pera, con una piel dura y gruesa de color verde. Su tamaño puede variar, alcanzando dimensiones considerables. Estos frutos pueden tener usos alimenticios (Alvarado, 2022).
- **Semillas:** suelen ser de color blanco o crema, aunque también pueden presentar tonalidades ligeramente más oscuras, de tamaño que varía entre 1 y 2 centímetros de longitud. Su forma es ovalada u ovoide, aplanada y tienen una superficie lisa (Benítez, 2022).

Figura 2

Anatomía de la Cucúrbita ficifolia B



Nota. Se muestra las partes principales del fruto del sambo tanto interna como externa. Tomado de *REPOSITORIO DIGITAL UTC*, por (Tovar, 2022).

2.1.4. Valor nutricional del sambo

Estos frutos son una buena fuente de nutrientes según Alvarado (2022), menciona que el sambo contiene vitaminas, proteína, ceniza, minerales y fibra dietética, aunque la información nutricional específica puede variar según la preparación y la región donde se consuman.

Tabla 2

Valor nutricional del sambo

Composición	Semilla	Flor	Hojas	F. Maduro	F. Tierno
Agua (g)	4,90	94,80	90,40	91,00	92,80
Proteína (g)	30,30	1,40	4,20	0,60	1,00
Grasa (g)	45,80	0,30	0,40	0,20	0,20
Carbohidratos (g)	14,40	2,70	3,40	7,60	5,20
Fibra cruda (g)	2,20	0,60	1,50	0,70	0,40
Ceniza (g)	4,60	0,80	1,60	0,60	0,50
Calcio (mg)	38,00	47,00	127,00	19,00	19,00
Fósforo (mg)	1064,00	86,00	96,00	22,00	32,00
Hierro (mg)	9,20	1,00	5,80	0,50	0,60
Vitamina A (µg)	15,00	200,00	815,00	920,00	15,00
Tiamina (mg)	0,23	0,02	0,14	0,04	0,05
Riboflavina (mg)	0,16	0,11	0,17	0,04	0,04
Niacina (mg)	2,90	0,60	1,80	0,50	0,50

Nota. Se muestra la composición nutricional que presenta el sambo. Tomado y modificado de *REPOSITORIO DIGITAL ESPOCH*, por (Cepeda, 2021).

2.1.5. Producción mundial del sambo

A nivel mundial la producción del sambo los países de América Central y México suelen ser lugares donde esta especie de calabaza se cultiva más comúnmente debido a su origen con un alcanza de 142 toneladas por año (Colobón, 2021). Sin embargo, su cultivo se ha extendido a otras partes del mundo donde las condiciones climáticas y de suelo son adecuadas para su crecimiento (Bautista, 2020). La producción del sambo a nivel mundial en el año 2022 fue de 238 Toneladas métricas, los países que más cultivos presentan son, México (35%), España (22%), Filipinas (14%), Sudáfrica (8%), Perú (6%), Bolivia (5%) y Ecuador (5%) (Cepeda, 2021).

2.1.6. Producción del sambo en el Ecuador

La ESPAC señala que en el Ecuador el cultivo de *Cucúrbita ficifolia B* puede ser considerada como un macrocentro de conservación de la biodiversidad de cultivos andinos (Alvarez, 2019). El país tiene una larga tradición en la producción del sambo ya que este cultivo puede producirse en cualquier tipo de clima, sin embargo, el rendimiento es mayor en algunos suelos. La provincia Bolívar es el mayor productor de sambo en el Ecuador con una superficie de 304 hectáreas (Cepeda, 2021).

Tabla 3

Producción de sambo en el Ecuador

Provincia	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Tn)
Bolívar	304	204	1 015
Pichincha	113	68	852
Tungurahua	18	18	133
Imbabura	10	10	75
Cotopaxi	75	4	27
Total	520	304	2103

Nota. Se muestra las provincias que más cultivan el sambo. Tomado de *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*, por (ESPAC, 2021).

2.2. Semilla de sambo

Las semillas de *Cucurbita ficifolia B,* pueden ser utilizadas para la siembra o la producción de frutos, así como para su consumo en diversas formas, ya sea tostadas, molidas o cocidas (Cepeda, 2021). Esta planta es valorada en varias culturas dentro de América Latina por su valor nutricional y su versatilidad en la cocina (Motta & Mendoza, 2018). Estas semillas son ricas en proteínas, grasas saludables, fibras, vitaminas y minerales. Se pueden consumir crudas, tostadas, molidas o como parte de diversos platillos (Artica et al., 2023).

Figura 3

Semilla de sambo (*Cucurbita ficifolia B*)



Nota. Se muestra la semilla del sambo en forma esferoidal, lisa. Tomado de *REPOSITORIO DIGITAL UPeU*, por (Coanqui & Cabrera, 2020).

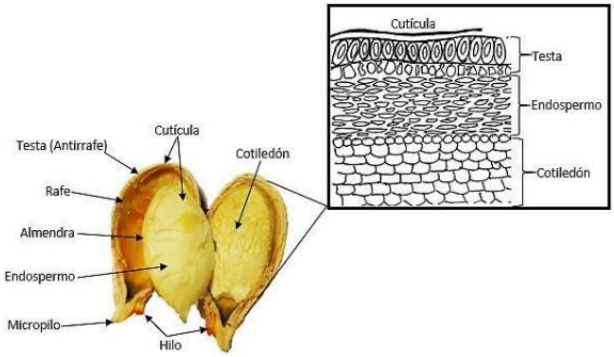
2.2.1. Características de la semilla del sambo

Las características físicas de las semillas de *Cucurbita ficifolia B* varían dependiendo el tipo de suelo, clima, región, pero generalmente poseen rasgos comunes que las distinguen de otras variedades:

- **Tamaño y forma:** son de tamaño mediano a grande, con una forma ovalada o ligeramente alargada. Pueden tener dimensiones que oscilan entre 1 y 2 centímetros de longitud y alrededor de 0,50 a 1,00 centímetro de ancho.
- **Color:** su color puede variar entre diferentes tonalidades de marrón, desde tonos más claros hasta tonos más oscuros, e incluso pueden presentar variaciones dentro de un mismo lote (Coanqui & Cabrera, 2020).
- **Textura:** la superficie de las semillas puede ser lisa o tener una textura ligeramente rugosa. Su cáscara es relativamente resistente y puede ser difícil de abrir sin herramientas adecuadas.
- **Peso:** el peso de cada semilla puede variar, pero suelen tener una consistencia sólida y densa en comparación con semillas más pequeñas (Mendieta & Zambrano , 2021).
- **Contenido interno:** al romper la cáscara, se revela un interior que puede ser de color verde claro o blanco, y contiene el embrión de la planta, que es la parte capaz de germinar y dar lugar a una nueva planta si se siembra en condiciones adecuadas (Artica et al., 2023).

Figura 4

Partes de la semilla del sambo



Nota. La figura indica la parte interna de la semilla de la *Cucurbita ficifolia B.* Tomado de *REPOSITORIO DIGITAL UPeU*, por (Coanqui & Cabrera, 2020).

2.2.2. Composición química de la semilla del sambo

Gómez (2009); Silverthorn et al. (2008), en sus investigaciones ratifican que las semillas de plantas *cucurbitáceas* almacenan componentes biológicos como proteínas, carbohidratos y lípidos, que son empleados en la fabricación industrial de grasas, aceites y harinas. La diversidad de estas semillas se forma considerando sus características fisiológicas, inmunológicas y estructurales.

Tabla 4

Composición química de la semilla del sambo

Composición	Calabaza	Sambo
Energia (kcal)	32,00[a]	-
Agua (%)	5,92[a]	8,40[b]
Proteina (g)	21,60[a]	34,47[b]
Fibra (g)	1,73[a]	2,30[b]
Grasa (g)	32,60[a]	35,60[b]
Calcio (mg)	31,20[a]	-
Hierro (mg)	6,80[a]	-
Fósforo (mg)	0,07[a]	-

Nota. La tabla describe los componentes principales de la semilla de calabaza y el sambo por cada 100g de muestra, por [a]Balbín (2018); [b]Montenegro et al. (2023).

2.2.3. Propiedades de la semilla del sambo

- **Nutrición balanceada:** son una excelente fuente de proteínas, grasas saludables (como ácidos grasos insaturados), fibras, vitaminas (como vitamina A, vitamina C, y algunas del complejo B) y minerales (hierro, zinc, magnesio, potasio). Esto las convierte en una opción valiosa para una dieta equilibrada (Artica et al., 2023).
- **Efectos antioxidantes:** contienen fitoquímicos como polifenoles y fitosteroles que pueden actuar como antioxidantes, ayudando a combatir el estrés oxidativo y protegiendo las células del cuerpo contra el daño de los radicales libres.
- **Posibles propiedades medicinales:** se ha estudiado su potencial en el tratamiento de ciertas infecciones parasitarias debido a sus efectos antiparasitarios. Además, hay investigaciones en curso sobre su impacto potencial en la salud de la próstata en hombres(Balbín, 2018).
- **Aplicaciones culinarias versátiles:** las semillas de calabaza de higuera pueden ser consumidas de diversas formas: crudas, tostadas, molidas para salsas, como ingrediente en platillos y en la elaboración de harinas (Narváez, 2021).
- **Beneficios para la salud digestiva:** su contenido de fibra puede ayudar a promover la salud digestiva al mejorar el tránsito intestinal y favorecer el equilibrio del microbiota intestinal (Balbín, 2018).

2.2.4. Industrialización de las semillas del sambo

Las semillas de *Cucurbita ficifolia B*, implica su procesamiento a gran escala para obtener productos finales que puedan ser utilizados en diversas industrias tales como:

- **Extracción de aceite:** las semillas se someten a un proceso de extracción de aceite para obtener aceite de semilla de sambo. Este aceite es rico en ácidos grasos insaturados y antioxidantes, utilizado en la industria alimentaria y cosmética (Tovar, 2022).
- **Elaboración de harina:** después de la extracción de aceite, el residuo sólido de las semillas se puede moler para producir harina de semilla de sambo. Esta harina es rica en proteínas, fibras y minerales, y puede ser utilizada en la fabricación de alimentos como panes, galletas, barras energéticas o como suplemento nutricional (Narváez, 2021).

- **Procesamiento para usos medicinales:** algunas empresas pueden realizar procesos específicos para obtener extractos o derivados de las semillas de *Cucurbita ficifolia B* con propósitos medicinales. Estos extractos pueden utilizarse en la elaboración de suplementos dietéticos o productos farmacéuticos debido a sus posibles propiedades beneficiosas para la salud (Vargas, 2021).
- **Producción de snacks y productos alimenticios:** las semillas pueden ser tostadas y sazonadas para crear snacks saludables o añadirlas como ingredientes en productos alimenticios como cereales, barras de granola o mezclas para ensaladas (Hilares, 2021).
- **Elaboración de productos cosméticos:** el aceite de semilla de sambo se utiliza en la fabricación de productos cosméticos, como cremas, lociones o champús, debido a sus propiedades hidratantes y antioxidantes para la piel y cabello (Zambrano, 2019).

2.3. Aceites

La calidad de nuestra salud está vinculada al aceite, un elemento esencial en nuestra dieta diaria. Más allá de ser una fuente de energía y construcción celular, el aceite ofrece beneficios funcionales cruciales (Guachamin, 2021). Representa la mayor parte de los productos derivados de aceites y grasas en el mercado interno, y se observa un incremento en su consumo debido a que el promedio per cápita aún es significativamente menor en comparación con países desarrollados (Gonzales, 2021).

2.3.1. Definición del aceite

El aceite es un tipo de grasa líquida derivada de fuentes vegetales o animales según Viteri (2021), se utiliza principalmente en la cocina para freír, hornear y aderezar alimentos. Estos aceites son consumidos en la dieta humana y proporcionan energía, así como también contribuyen a la textura y el sabor de los alimentos.

Sin embargo, los aceites comestibles más comunes son de origen vegetal, obtenidos de semillas, frutos o partes grasas de plantas como girasol, soja, maíz, canola, oliva, coco, palma, entre otros. Estos aceites vegetales contienen ácidos grasos, tanto saturados como insaturados, que pueden ser beneficiosos para la salud en ciertas proporciones (Gonzales, 2021).

Figura 5

Aceite



Nota. La figura muestra el aceite de origen vegetal. Tomado de *Ciencias y salud: Aceites y su densidad*, por (Oriva, 2018).

2.3.2. Composición de los aceites

Se presenta una descripción general de los parámetros de calidad de los aceites comestibles que deben cumplir. Los aceites crudos provenientes de estas oleaginosas deberán de refinarse química o físicamente, pudiendo hacerse la mezcla para obtener el aceite vegetal comestible antes o después de la desodorización (NMX-F-808-SCFI, 2018).

Tabla 5

Evaluación de la calidad de los aceites comestibles

Definición	Mínimo	Máximo	Método
Densidad (g/ml)[a]	0,84	0,96	NMX-F-116-SCFI-2012
Índice de acidez (mg)[a]	17	18	NMX-F-211-SCFI-2006
Índice de peróxidos (mEq O_2/kg)[a]	4	12	NMX-F-154-SCFI-2010
Índice de saponificación (ml/g)[b]	134,21	189,32	NMX-F-154-SCFI-2010
Impurezas insolubles (%)[a]	-	0,20	NMX-F-215-SCFI-2006
Viscosidad (cP)[b]	0,32	0,62	NMX-F-116-SCFI-2012
pH[b]	4,75	4,79	NMX-F-116-SCFI-2012
Ácidos grasos *trans*. (%)[a]	-	3,50	NMX-F-089-SCFI-2008
Acidez titulable (%)[b]	0,65	0,85	NMX-F-211-SCFI-2006

Nota. La tabla describe los rangos de calidad para los aceites comestibles. Tomado de *NMX-F-808-SCFI-2018*, modificado y comprobado por [b]Chaves et al. (2020); [a]Montenegro et al. (2023).

- **Índice de peróxidos**

El índice de peróxidos en el aceite es una medida de la cantidad de peróxidos presentes en el aceite, que es un indicador de la cantidad de oxidación que ha experimentado el aceite (Zambrano, 2019). Sin embargo los peróxidos son productos intermedios en la oxidación de los lípidos, y su presencia puede indicar que el aceite se está volviendo rancio o ha sido expuesto al aire, la luz o el calor durante un período prolongado (Guachamin, 2021).

Un alto índice de peróxidos según Vaca (2022), indica una mayor oxidación y un aceite menos fresco y de menor calidad. Por otro lado, un bajo índice de peróxidos sugiere que el aceite está en mejores condiciones y es más fresco. La medida se expresa generalmente en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite (mEq O_2/kg).

2.3.3. Características del aceite

- **Composición de ácidos grasos:** pueden contener diferentes tipos de ácidos grasos, como ácidos grasos saturados, insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) y ácidos grasos trans. La proporción de estos ácidos grasos determina la consistencia del aceite a temperatura ambiente y sus efectos en la salud (Guachamin, 2021).
- **Punto de humo:** es la temperatura a la que un aceite comienza a descomponerse y a liberar humo y compuestos tóxicos. El punto de humo varía según el tipo de aceite y es crucial para determinar su adecuación para diferentes métodos de cocción (Vaillant, 2018).
- **Color y sabor:** los aceites vegetales pueden tener diferentes tonalidades, desde amarillo claro hasta verde intenso, dependiendo de su origen y grado de refinación. Asimismo, pueden tener sabores característicos que añaden matices a los alimentos.
- **Estabilidad oxidativa:** algunos aceites son más propensos a la oxidación que otros, lo que afecta su vida útil y calidad nutricional. Los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados tienden a oxidarse más rápidamente, mientras que los ricos en ácidos grasos saturados son más estables (Guachamin, 2021).
- **Valor nutricional**: proporcionan una fuente de energía y pueden contener vitaminas liposolubles como la vitamina E, fitoesteroles y otros compuestos bioactivos, dependiendo de su origen y proceso de extracción.

- **Usos culinarios:** cada tipo de aceite tiene usos específicos en la cocina debido a su sabor, punto de humo y propiedades. Algunos se utilizan para cocinar a altas temperaturas, como freír, mientras que otros se prefieren para aderezos o en preparaciones a bajas temperaturas (Ramírez, 2018).

2.3.4. Clasificación de los aceites

Según el origen:

- **Aceites vegetales:** provenientes de semillas, frutos o partes grasas de plantas como girasol, soja, maíz, canola, oliva, coco, palma, entre otros.
- **Aceites animales:** provenientes de fuentes animales como grasa de cerdo, manteca de vaca o aceite de pescado.
- **Aceites minerales:** derivados de fuentes no vegetales ni animales, utilizados principalmente con propósitos industriales y no para consumo humano (Ruiz, 2022).

Composición de ácidos grasos:

- **Saturados:** contienen predominantemente ácidos grasos saturados estos están presentes en el aceite de coco, aceite de palma (Vaillant, 2018).
- **Monoinsaturados:** son ricos en ácidos grasos monoinsaturados. Ejemplos: aceite de oliva, aceite de aguacate.
- **Poliinsaturados:** contienen una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados, se encuentran en el aceite de girasol, aceite de maíz, aceite de soja (Ramírez et al., 2023).

Según el proceso de refinación:

- **Aceites refinados:** sometidos a procesos de refinamiento para eliminar impurezas y mejorar su estabilidad como el aceite de canola refinado, aceite de girasol refinado.
- **Aceites no refinados o vírgenes:** no pasan por procesos intensivos de refinamiento y mantienen más de sus componentes originales: aceite de oliva virgen, aceite de coco virgen (Montenegro et al., 2023).

Según usos específicos:

- **Aceites para cocina:** utilizados en preparaciones culinarias, ya sea para freír, saltear, hornear o como aderezos (Ramírez et al., 2023).
- **Aceites cosméticos:** utilizados en la industria cosmética para la elaboración de productos para el cuidado de la piel y el cabello (Vaillant, 2018).

2.3.5. Tipos de aceites

Corsini (2020), indica que existen varios tipos de aceites que se diferencian en su origen, composición de ácidos grasos, aplicaciones culinarias y beneficios para la salud, se mencionan algunos tipos comunes de aceites:

- Aceite de oliva
- Aceite de coco
- Aceite de girasol
- Aceite de soja
- Aceite de canola
- Aceite de aguacate

Los aceites comestibles a partir de semillas son considerados mejores en diversos aspectos en relación a los aceites comunes, debido a que presentan mayor perfil nutricional saludable, versatilidad culinaria y disponibilidad (Vaca, 2022). Sin embargo, es importante mencionar que las semillas de sambo presentan gran potencial nutricional como calcio, proteína, ácidos grasos que al ser procesado en aceite comestible tiene más contenido de grasas saturadas, alto contenido de vitamina E, menor índice de peróxidos y saponificación lo que lo convierte en un mejor aceite que el de girasol, oliva y aceites comunes (Castro, 2019).

2.4. Métodos de obtención del aceite

El proceso de extracción de aceite comestible como lo menciona Rosquete (2019), implica la prensa o extracción de los aceites de las materias primas vegetales, seguido por procesos de refinación, filtración y purificación para obtener un producto final apto para el consumo humano. Dependiendo de la fuente y el método de extracción, los aceites pueden variar en sabor, color, aroma y contenido nutricional.

2.4.1. Prensado en frío

- **Vegetal:** este método es típicamente utilizado para obtener aceites de semillas o frutos oleaginosos. Las semillas se prensan mecánicamente para liberar el aceite sin aplicar calor. Este proceso conserva mejor los compuestos nutricionales y el sabor natural del aceite.
- **Animal:** en algunos casos, como en la obtención de aceite de pescado, se utiliza el prensado en frío para extraer el aceite de los tejidos animales (Cuchipe, 2023).

2.4.2. Extracción con solventes

Se utiliza un solvente, comúnmente hexano, para disolver y extraer el aceite de la materia prima. Este método es eficiente y permite obtener un rendimiento de aceite más alto, pero implica el uso de productos químicos y requiere la eliminación del solvente después del proceso (Rodríguez, 2022).

2.4.3. Expeller o prensado en caliente

En este método, las semillas o frutos se trituran y se calientan antes de ser prensados mecánicamente. El calor ayuda a aumentar la eficiencia de la extracción, pero puede afectar la calidad del aceite al degradar algunos compuestos sensibles al calor (Ruiz, 2022).

2.4.4. Hidroextracción

Se utiliza agua caliente o vapor para extraer el aceite de las semillas o frutos. Este método es más suave en comparación con la extracción con solventes y puede preservar mejor los compuestos nutricionales y de sabor del aceite (Ramírez et al., 2023).

2.4.5. Prensado de tornillo

El método de prensa de tornillo, también conocido como prensa de expulsión o prensa de tornillo sin fin, es uno de los métodos más comunes y eficientes para la extracción de aceite de semillas oleaginosas como girasol, soja, oliva, colza y muchas otras (Ruiz, 2022). Este método mecánico es preferido por su capacidad de producir aceites de alta calidad con menor uso de solventes químicos. Aunque tiene algunas limitaciones en términos de capacidad y costos iniciales, su capacidad para producir aceites de alta calidad con menores residuos químicos lo hace una opción popular en la industria alimentaria y de biocombustibles (Zambrano, 2019).

2.4.6. Proceso de refinación del aceite comestible

El refinado del aceite es un proceso fundamental para garantizar su calidad, seguridad y usabilidad en una variedad de aplicaciones culinarias y alimenticias. Permite obtener un aceite más puro, estable y con mejores características sensoriales, lo que beneficia tanto a los consumidores como a la industria alimentaria (Sánchez, 2020).

2.4.6.1. Métodos para el procesamiento del refinado del aceite comestible

Para el proceso de refinamiento del aceite comestible se aplica diversos métodos que eliminan impurezas, olores y sabores no deseados, así como componentes libres de ácidos grasos y otros elementos no deseados, para obtener un aceite de alta calidad y estable, los métodos más utilizados son: Neutralización, Decoloración y Depuración (Cuchipe, 2023).

- **Neutralización (Desacidificación)**

La neutralización elimina los ácidos grasos libres (AGL) para reducir la acidez del aceite, esto se lo puede obtener mediante:

Neutralización alcalina: se utiliza una solución alcalina (hidróxido de sodio o hidróxido de potasio) que reacciona con los AGL formando jabones, los cuales se eliminan mediante centrifugación.

Neutralización física: se emplea destilación a alta temperatura de 85ºC y vacío para eliminar los AGL.

- **Decoloración (blanqueo)**

El blanqueo elimina pigmentos indeseables, como la clorofila y los carotenoides.

Blanqueo con arcillas: se añade arcilla de blanqueo (arcillas activadas) al aceite, que adsorbe los pigmentos y otras impurezas. Luego, la mezcla se filtra para separar la tierra de blanqueo.

Carbón activado: en algunos casos, se puede utilizar carbón activado para eliminar colorantes y otros contaminantes (Sánchez, 2020).

- **Método de depuración**

El método más común en el refinamiento del aceite comestible es el de depuración, este proceso consiste en colocar diversos reactivos que ayuden a modificar sus propiedades, tal es el caso del ácido cítrico, ácido fosfórico cloruro de sodio, bicarbonato, entre otros

(Rodríguez, 2022). El aceite debe alcanzar una temperatura de 75ºC a 80ºC, para que los reactivos provoquen la hidratación de los fosfolípidos, prooxidantes y otras gomas presentes en el aceite que luego pasan por un filtro con el objetivo de eliminarlos, para tener un aceite con menor índice de peróxidos y acidez, para posteriormente tener un aceite con mayor prolongación de vida útil y mejor calidad (Sánchez, 2020).

2.5. Lípidos

Los lípidos son un grupo de moléculas orgánicas que son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el éter y el cloroformo. Comúnmente se conocen como grasas, ceras, esteroides y aceites (Carvajal, 2019). Sin embargo son fundamentales para la vida y cumplen diversas funciones en los organismos, como almacenamiento de energía, constituyentes de las membranas celulares, y como precursores de hormonas y otras moléculas bioactivas (Guachamin, 2021).

2.5.1. Características de los lípidos

Los lípidos incluyen una serie de propiedades físicas y químicas que los distinguen de otros compuestos orgánicos, estas se encuentran en:

- **Tejido adiposo:** también conocido como grasa corporal, es una de las principales ubicaciones donde se almacenan los lípidos en el cuerpo humano y en otros animales. Los triglicéridos se acumulan en el tejido adiposo como una reserva de energía.
- **Alimentos grasos:** los lípidos se encuentran abundantemente en alimentos grasos como aceites vegetales, mantequilla, margarina, productos lácteos enteros, carnes grasas, nueces, aguacates y pescados grasos. Estos alimentos son una fuente importante de lípidos en la dieta humana.
- **Membranas celulares:** los fosfolípidos y otros lípidos estructurales están presentes en las membranas celulares de todos los organismos vivos. Estos lípidos forman bicapas lipídicas que proporcionan una barrera semipermeable alrededor de las células.
- **Productos procesados:** muchos alimentos procesados contienen grasas y aceites agregados para mejorar el sabor, la textura y la conservación. Estos incluyen productos horneados, frituras, bocadillos y alimentos envasados.

- **Semillas y frutos secos:** las semillas y frutos secos, como almendras, nueces, semillas de girasol y semillas de chía, son ricos en lípidos. Estos lípidos sirven como una fuente de energía para la germinación de la planta.
- **Productos lácteos:** los productos lácteos, como la leche, el queso y el yogur, contienen lípidos en forma de triglicéridos y fosfolípidos. La cantidad y tipo de lípidos varían según el producto lácteo y su contenido de grasa.

2.5.2. Clasificación de los lípidos

Los lípidos pueden dividirse en dos grupos principales según su estructura química. Un grupo está formado por compuestos de cadena abierta, que poseen cabezas o grupos polares y largas colas hidrocarbonadas no polares. Por otro lado, existe otro grupo compuesto por lípidos con anillos fusionados, denominados esteroides (Carvajal, 2019).

2.5.2.1. Lípidos simples (ácidos grasos)

Los ácidos grasos según Fuentes (2019), son moléculas orgánicas compuestas principalmente por una cadena de carbono hidrofóbica y un grupo carboxilo (COOH) hidrofílico en un extremo, estos son componentes esenciales de los lípidos, incluidos los triglicéridos y los fosfolípidos. Carvajal (2019) los ácidos grasos pueden ser saturados (sin enlaces dobles) o insaturados (con uno o más enlaces dobles en la cadena de carbono). Son fundamentales en la nutrición y el metabolismo, ya que proporcionan energía, participan en la estructura de las membranas celulares y actúan como precursores de otras moléculas biológicamente importantes, como las hormonas

2.5.2.2. Lípidos complejos (fosfolípidos)

Son componentes esenciales de las membranas celulares. Consisten en una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos y un grupo fosfato. Tienen una parte hidrofílica (afinidad por el agua) y una parte hidrofóbica (repulsión por el agua), lo que les permite formar bicapas en las membranas celulares (Chaves et al., 2020).

2.5.2.3. Lípidos precursores (colesterol)

El colesterol es una molécula lipídica que se encuentra exclusivamente en animales y seres humanos, aunque hay otros esteroles en diferentes tipos de organismos (Ibáñez, 2019). Se presenta como un alcohol sólido de gran peso molecular y tiene como base una estructura llamada ciclopentanoperhidrofenantreno, que es una molécula tetracíclica de 17 átomos de carbono. A esta estructura base se le añade un grupo polar hidroxilo y 10

átomos de carbono adicionales, lo que resulta en una molécula con 27 átomos de carbono y un grupo polar hidroxilo en su tercer átomo de carbono (Carvajal, 2019; Fuentes, 2019).

2.5.3. Función de los lípidos

Las funciones clave de los lípidos en los organismos, y muestran la importancia fundamental de estos compuestos en la salud y el funcionamiento adecuado del cuerpo (Morocho, 2021).

- **Almacenamiento de energía:** los lípidos, especialmente los triglicéridos, son una forma eficiente de almacenar energía a largo plazo. Los organismos acumulan triglicéridos en tejido adiposo como reserva energética, que puede ser utilizada cuando se necesite energía adicional (Padial, 2021).
- **Componentes de las membranas celulares:** los fosfolípidos y los esfingolípidos son componentes estructurales esenciales de las membranas celulares. Estos lípidos forman bicapas lipídicas que rodean las células y proporcionan una barrera semipermeable que regula el paso de sustancias dentro y fuera de la célula.
- **Transporte de nutrientes:** algunos lípidos, como los quilomicrones, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y las lipoproteínas de baja densidad (LDL), actúan como vehículos de transporte para llevar nutrientes, como grasas, vitaminas liposolubles y colesterol, a través del torrente sanguíneo hacia diferentes partes del cuerpo (Carvajal, 2019; Padial, 2021).
- **Regulación hormonal:** los lípidos, como los esteroides, actúan como precursores para la síntesis de hormonas importantes, como cortisol, estrógeno, progesterona y testosterona, que desempeñan un papel crucial en la regulación de diversos procesos fisiológicos, como el metabolismo, la reproducción y el estrés (Morocho, 2021).
- **Aislamiento térmico y protección:** la capa de tejido adiposo que contiene lípidos proporciona aislamiento térmico al cuerpo, ayudando a mantener la temperatura corporal adecuada. Además, los lípidos también pueden actuar como amortiguadores, protegiendo órganos vitales de impactos físicos.
- **Absorción de vitaminas:** algunos lípidos son necesarios para la absorción eficiente de vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E y K) en el intestino delgado, lo que asegura su disponibilidad para funciones biológicas importantes (García, 2020).

2.6. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son un tipo específico de lípido que se caracteriza por tener una cadena de carbono hidrofóbica y un grupo carboxilo hidrofílico en un extremo. Son los componentes básicos de muchos lípidos, como los triglicéridos y los fosfolípidos, estos pueden ser ácidos grasos saturados o insaturados (Carvajal, 2019).

2.6.1. Ácidos grasos saturados

Según Vaca (2022), los ácidos grasos saturados son una clase de ácidos grasos que se caracterizan por no tener enlaces dobles en su estructura de cadena de carbono. En otras palabras, todas las valencias de los átomos de carbono están saturadas con átomos de hidrógeno. Sin embargo Parraga (2019), menciona que los ácidos grasos saturados se encuentran en una variedad de alimentos, principalmente de origen animal, así como en algunos aceites vegetales:

- Productos lácteos
- Carnes
- Productos de charcutería y embutidos
- Aceites vegetales
- Algunos frutos secos y semillas
- Productos horneados y alimentos fritos

2.6.2. Clasificación de los ácidos grasos saturados

Los ácidos grasos saturados pueden clasificarse según la longitud de su cadena carbonada. Aquí tienes una clasificación común:

- **Ácidos grasos de cadena corta:** tienen menos de seis átomos de carbono en su cadena estos son: Ácido butírico (C4:0), ácido acético (C2:0), ácido propiónico (C3:0).
- **Ácidos grasos de cadena media:** tienen entre seis y doce átomos de carbono en su cadena, estos son: Ácido caproico (C6:0), ácido caprílico (C8:0), ácido cáprico (C10:0).
- **Ácidos grasos de cadena larga:** tienen más de doce átomos de carbono en su cadena, estos son: Ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0) (Vaca, 2022).

2.6.3. Características de los ácidos grasos saturados

Los ácidos grasos saturados más relevantes en términos de su presencia en la dieta y su impacto en la salud son aquellos que se encuentran comúnmente en los alimentos y que pueden tener efectos significativos en el organismo.

- **Ácido palmítico (C16:0):** es uno de los ácidos grasos saturados más abundantes en la naturaleza y se encuentra en muchos alimentos de origen animal y vegetal. Es especialmente común en la carne, los productos lácteos, el aceite de palma y el aceite de coco (Castro, 2019).
- **Ácido esteárico (C18:0):** otro ácido graso saturado comúnmente encontrado en alimentos de origen animal y vegetal. Se encuentra en la carne, los productos lácteos, algunos aceites vegetales y los cacahuetes.
- **Ácido láurico (C12:0):** aunque es un ácido graso saturado de cadena más corta, es relevante debido a su presencia en el aceite de coco, donde constituye una proporción significativa de los ácidos grasos totales (Ruiz, 2022).
- **Ácido mirístico (C14:0):** otro ácido graso saturado que se encuentra en una variedad de alimentos, incluyendo la carne, los lácteos, el aceite de coco y algunas plantas (Chiliquinga, 2022).

2.6.4. Ácidos grasos insaturados

Son una clase de ácidos grasos que contienen uno o más dobles enlaces en su estructura de cadena de carbono. Esto significa que no todos los átomos de carbono en la cadena están saturados con átomos de hidrógeno (Ruiz, 2022). Son importantes para la salud humana y se encuentran comúnmente en alimentos de origen vegetal, como aceites vegetales, frutos secos y semillas. Consumir una variedad de ácidos grasos insaturados en la dieta puede tener beneficios para la salud cardiovascular, ya que pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL y mejorar la salud del corazón en general (Carvajal, 2019; Fuentes, 2019).

2.6.5. Clasificación de los ácidos grasos insaturados

Son fundamentales para la salud humana debido a su papel en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares al disminuir los niveles de colesterol LDL y triglicéridos, así como en el desarrollo cerebral, la función cognitiva y la regulación de la inflamación, estos se clasifican en dos grupos:

- **Monoinsaturados:** tienen un solo doble enlace en su cadena de carbono se encuentra el ácido oleico (omega-9) y el ácido palmitoleico, los ácidos grasos monoinsaturados, especialmente el ácido oleico, han sido asociados con varios beneficios para la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y la mejora de los niveles de colesterol en sangre. También pueden tener efectos antiinflamatorios y controlar los niveles de azúcar en la sangre (Castro, 2019).
- **Poliinsaturados:** tienen dos o más dobles enlaces en su cadena de carbono, estos incluyen el ácido linoleico (omega-6), el ácido alfa-linolénico (omega-3), el ácido araquidónico y el ácido docosahexaenoico (DHA). Son componentes esenciales de la dieta humana y tienen una serie de funciones importantes en el cuerpo, incluyendo la salud cardiovascular, la función cerebral y la regulación de la inflamación (Méndez, 2019).

2.6.6. Características de los ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados son considerados esenciales para la salud humana y deben ser incorporados en la dieta de manera equilibrada para mantener una óptima salud cardiovascular, cerebral y metabólica.

- **Ácido oleico (Omega-9):** es un ácido graso monoinsaturado que se encuentra principalmente en el aceite de oliva, así como en otros aceites vegetales como el aceite de canola y el aceite de girasol. El ácido oleico es conocido por sus beneficios para la salud cardiovascular, ya que puede ayudar a reducir los niveles de colesterol (Castro, 2019).
- **Ácido linoleico (Omega-6):** es un ácido graso poliinsaturado esencial que se encuentra en una variedad de alimentos, incluidos los aceites vegetales como el aceite de maíz, el aceite de soja y el aceite de girasol, así como en semillas y frutos secos. El ácido linoleico es importante para la función cerebral, la salud de la piel y la regulación de la inflamación en el cuerpo.
- **Ácido alfa-linolénico (Omega-3):** es otro ácido graso poliinsaturado esencial que se encuentra en alimentos como las semillas de chía, las semillas de lino, el aceite de linaza, las nueces y los pescados grasos como el salmón y el atún. El ácido alfa-linolénico es conocido por sus efectos beneficiosos en la salud cardiovascular, la función cerebral y la reducción de la inflamación en el cuerpo (Méndez, 2019).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación y caracterización de la investigación

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio General de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, mientras que los análisis correspondientes se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.1. Localización de la investigación

Tabla 6

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 7

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2604 msnm
Latitud	01º 36' 52" sur
Longitud	78º 59' 54" oeste
Temperatura máxima	21 ºC
Temperatura mínima	7 ºC
Temperatura media	14,40 ºC
Precipitación media anual	980 mm

Nota. Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2023.

3.1.3. Zona de vida

La investigación se llevó a cabo en una región que, según la clasificación de Holdridge, pertenece a la zona de vida denominada Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2. Metodologia

3.2.1. Material en estudio

- Semillas de sambo (*Cucúrbita ficifolia B*)

3.2.1.1. Material de laboratorio

- Estufa
- Material de vidrio y plástico
- Pipetas
- Termómetro
- Mechero
- Gradillas
- Crisoles
- Tubos de ensayo
- Tubos eppendorf
- Micropipetas
- Pinzas

3.2.1.2. Materiales de campo

- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Regla
- Esferográfico
- Calculadora
- Impresora
- Cinta adhesiva
- Hojas de papel boom
- Flash memory
- Jarras de aluminio
- Colador

- Cuchillo
- Cuchara
- Papel industrial

3.2.1.3. Equipos

- Estufa (8088520)
- Extractor de gases (20382937)
- Mufla (20382922)
- Balanza analítica (20382941)
- Determinador de gases (8088670)
- pH-metro (8089106)

3.2.1.4. Reactivos

- Ácido cítrico
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Cloroformo
- Solución de ácido acético
- Yoduro de potasio
- Tiosulfato de sodio
- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Alcohol éter
- Alcohol etílico
- Hidróxido de sodio

3.2.2. Factores en estudio

Los factores considerados en la presente investigación fueron: Factor A (temperatura de calentamiento del aceite) con tres niveles, Facto B (% de cloruro de sodio) con dos niveles y Factor C (% de ácido cítrico para la inhibición de peróxidos) con dos niveles, el propósito de considerar estos factores fue analizar cómo influyen en el proceso de extracción y refinado del aceite comestible.

Tabla 8

Representación de los factores en estudio para el refinado del aceite

Factores en estudio	Código	Niveles
Temperatura de calentamiento del aceite	A	a_1: 75ºC a_2: 80ºC a_3: 85ºC
% de cloruro de sodio	B	b_1: 5% b_2: 8%
% de ácido cítrico para la inhibición de peróxidos	C	c_1: 1,00% c_2: 1,50%

3.2.3. Tratamientos

Los tratamientos se conforman a partir de la combinación de cada uno de los niveles de los factores A, B y C que intervienen en el estudio.

Tabla 9

Combinación de los factores con los niveles

Tratamiento	Código	Niveles		
		Factor A	Factor B	Factor C
1	$a_1b_1c_1$	75ºC	5%	1,00%
2	$a_1b_1c_2$	75ºC	5%	1,50%
3	$a_1b_2c_1$	75ºC	8%	1,00%
4	$a_1b_2c_2$	75ºC	8%	1,50%
5	$a_2b_1c_1$	80ºC	5%	1,00%
6	$a_2b_1c_2$	80ºC	5%	1,50%
7	$a_2b_2c_1$	80ºC	8%	1,00%
8	$a_2b_2c_2$	80ºC	8%	1,50%
9	$a_3b_1c_1$	85ºC	5%	1,00%
10	$a_3b_1c_2$	85ºC	5%	1,50%
11	$a_3b_3c_1$	85ºC	8%	1,00%
12	$a_3b_2c_2$	85ºC	8%	1,50%

3.2.4. Características del experimento

Se procede a describir las características de la experimentación, destacando el número de factores, el número de niveles de cada factor, la cantidad de réplicas y el tamaño de la muestra.

Tabla 10

Características de la experimentación

Características del diseño factorial	
Niveles factor A	3
Niveles factor B	2
Niveles factor C	2
Réplicas	3
Unidades experimentales	36
Tamaño de la muestra	100 g
Variables de respuestas	5

3.2.5. Variables respuesta

Para llevar a cabo la investigación, se consideraron las variables de respuesta que se detallan en la tabla:

Tabla 11

Variables de respuesta

Variables	Método
Índice de acidez	Ácido-base
Índice de peróxido	Vodimétrica
Viscosidad	Viscosímetro de Ostwald
Reconocimiento saponificable	Viscosímetro de tubo capilar
Aceptabilidad	Análisis sensorial

3.2.6. Tipo de diseño experimental

Se empleó un diseño en arreglo factorial con tres factores AxBxC (3x2x2) con 3 repeticiones, lo cual se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$\boldsymbol{Y_{ijkl}} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

μ: media general.

α_i: efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

β_j: efecto del j-ésimo nivel del factor B.

γ_k: efecto del j-ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}$: efecto de interacción doble en los niveles *ij*, *ik*, *jk*.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: efecto de interacción triple en la combinación *ijk*.

ε_{ijkl}: error aleatorio en la combinación *ijk*.

3.2.7. Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) para el diseño en arreglo factorial AxBxC

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor-p
Efecto A	SC_A	a-1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	SC_B	b-1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0^B)$
Efecto C	SC_C	c-1	CM_C	CM_C/CM_E	$P(F > F_0^C)$
Efecto AB	SC_{AB}	(a-1)(b-1)	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0^{AB})$
Efecto AC	SC_{AC}	(a-1)(c-1)	CM_{AC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F > F_0^{AC})$
Efecto BC	SC_{BC}	(b-1)(c-1)	CM_{BC}	CM_{BC}/CM_E	$P(F > F_0^{BC})$
Efecto ABC	SC_{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	CM_{ABC}	CM_{ABC}/CM_E	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	SC_E	abc(n -1)	CM_E		
Total	SC_T	abcn-1			

Nota. Tomado de *Análisis y diseño de experimentos*, por (Gutiérrez & Salazar, 2008).

3.2.8. Prueba de rangos múltiples

Para seleccionar el tratamiento óptimo, se realizó un análisis de rangos múltiples mediante el método de Tukey. En este procedimiento, se comparan las diferencias mínimas significativas entre las medias de las muestras con el valor crítico especificado por:

$$\boldsymbol{T}_{\propto} = q_{\propto}(k, N-k)\sqrt{CM_E/n_i}$$

Donde:

CME: es el cuadrado medio del error se obtiene de la tabla ANOVA.

n: es el número de observaciones para los tratamientos i y j.

k: es el número de tratamientos.

$\propto$: es el nivel de significancia prefijado.

N-K: es igual a los grados de libertad para el error.

$q_{\propto}(k, N-k)$: son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado.

3.3. Manejo de la investigación

A continuación, se detalla los procesos de obtención de aceite comestible a partir de semillas de sambo y sus respectivos análisis de calidad:

3.3.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima

3.3.1.1. Humedad

La determinación del porcentaje de humedad se realizó bajo la normativa AOAC 925.10.

3.3.1.2. Grasa

El análisis de grasa en las materias primas se realizó con el método AOAC 2003.06.

3.3.1.3. Ceniza

La determinación de cenizas se realizó conjunto al método AOAC 923.03.

3.3.1.4. Fibra

La fibra se estableció mediante el uso del método WEENDE.

3.3.2. Obtención de aceite comestible de semilla de sambo

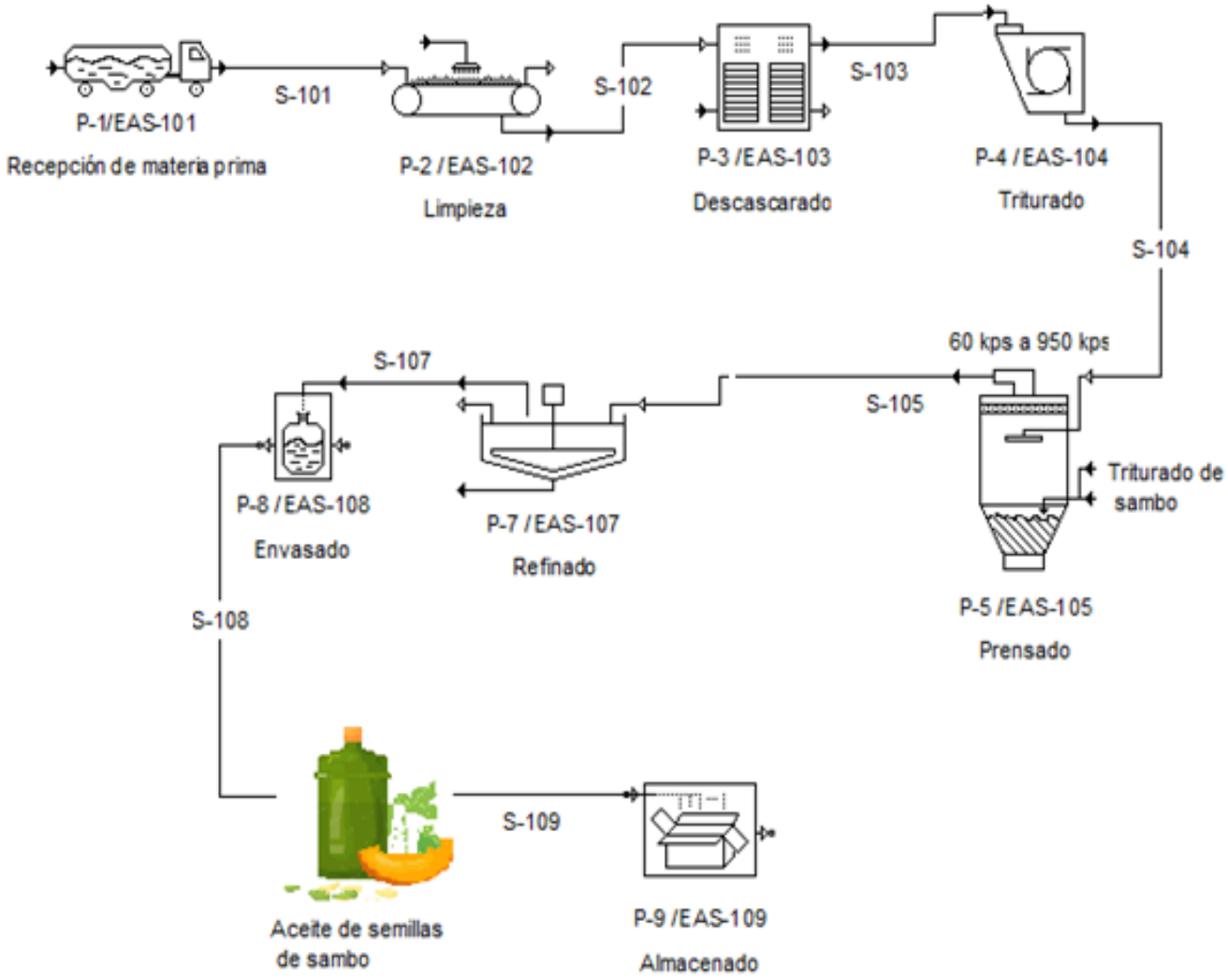
Se realizó los siguientes procedimientos:

1) **Recepción de materia prima:** se recibieron las semillas de sambo y se sometieron a un proceso de selección para garantizar la calidad de la materia prima.
2) **Limpieza:** las semillas de sambo cosechadas fueron sometidas a la eliminación de impurezas a través de procesos de limpieza, selección y tamizado. Posteriormente, se procedió a retirar la cubierta exterior (cáscaras) para obtener semillas puras.
3) **Descascarado:** se llevó a cabo el descascarado una vez que las semillas alcanzaron un contenido de humedad del 5% después de la limpieza. Este proceso se logró mediante tratamiento térmico mediante tostado. Posteriormente, la mezcla resultante se sometió a un proceso de aventado para separar las cáscaras de las semillas.
4) **Triturado:** las semillas descascaradas fueron sometidas a un proceso de triturado para obtener una harina gruesa con partículas finas y uniformes, proporcionando una superficie más amplia para el prensado. Posteriormente, la harina se calentó para facilitar la extracción del aceite.
5) **Prensado:** la harina calentada fue alimentada en una prensa de tornillo que incrementó gradualmente la presión de 60 kps a 950 kps, a medida que la harina atravesaba un barril ranurado. Simultáneamente, el aceite se exprimió a través de las ranuras del barril y se recuperó para su posterior refinación.
6) **Refinado:** en caso de ser necesario, el aceite pasó por un proceso de refinado para mejorar su calidad, eliminando o reduciendo impurezas, olores y sabores indeseados. Se aplicaron las fuentes de variación según el diseño experimental previamente descrito. Se llevó a cabo la desodorización del aceite, calentándolo a temperaturas de 75ºC, 80ºC y 85ºC, mezclándolo con cloruro de sodio al 5% y 8%, y añadiendo ácido cítrico al 1,00% y 1,50%. Este proceso tuvo como objetivo evitar la oxidación interna del aceite, prolongando su vida útil.
7) **Envasado:** el aceite comestible resultante se envasó en recipientes adecuados y se etiquetó para su comercialización y uso en la fritura de algún alimento.
8) **Almacenado:** los productos envasados se almacenaron en condiciones apropiadas hasta su distribución y venta.

3.3.3. Diagrama de proceso para el aceite comestible de semilla de sambo

Figura 6

Diagrama de proceso para la extracción de aceite de sambo



Código	Proceso	Código	Proceso
P-1/EAS-101	Recepción	P-6/EAS-106	Destilado
P-2/EAS-102	Limpieza	P-7/EAS-107	Refinado
P-3/EAS-103	Descarado	P-8/EAS-108	Envasado
P-4/EAS-104	Triturado	P-9/EAS-109	Almacenado
P-5/EAS-105	Prensado		
Nota. P: Proceso; EAS: Equipo para Aceite de Sambo.			

3.3.4. Determinación del refinado del aceite mediante perfil lipídico

- **Preparación de la muestra:** se comenzó preparando la muestra para su análisis, se utilizó 4 µl de aceite de semilla de sambo en viales ámbar de cromatografía
- **Inyección de la muestra:** se añadió 1 ml de solución estándar de nonano con ciclohexano, la cual se preparó de la siguiente manera; se empleó 10 µl de nonano y se aforó en un balón de 10 ml con ciclohexano, el cual pesó 7 mg.
- **Separación de los componentes:** se inyectó un volumen de 1 µl de muestra en modo 80 Split, la temperatura de inyección fue de 230°C, la temperatura de horno fue de 50°C durante 3 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 230°C durante 3 minutos.
- **Detección de los componentes separados:** a medida que los componentes separados salen de la columna, se detectan por un detector adecuado.
- **Análisis de los datos:** los datos obtenidos del detector se registran y se analizan utilizando software especializado. Esto permite identificar y cuantificar los diferentes componentes presentes en la muestra.

3.3.5. Determinación del control de calidad del aceite obtenido

3.3.5.1. Índice de acidez

Se llevó a cabo la determinación del índice de acidez siguiendo las pautas establecidas en la norma técnica INEN 0038, para lo cual se ejecutó el siguiente procedimiento:

1) La determinación se realizó duplicando la prueba en la misma muestra preparada. Se transfirieron 300 cm^3 de la mezcla (1:1) de alcohol-éter a un matraz Erlenmeyer, agregando 1 cm^3 de solución indicadora de fenolftaleína (o azul alcalino 6B en el caso de muestras oscuras).
2) Posteriormente, se añadió, con agitación enérgica, solución 0,10 N de hidróxido de sodio o potasio hasta que se observó un color rosado persistente durante unos 30 segundos (o cambio del rojo al azul si se usó el indicador azul alcalino 6B). La cantidad de muestra neutralizada obtenida fue suficiente para ambas pruebas.
3) Después, se pesó con una aproximación de 0,01 g una cantidad de muestra preparada entre 5 g y 10 g para productos crudos, o entre 50 g y 60 g para productos refinados, en un matraz Erlenmeyer de 250 cm^3.
4) A continuación, se agregaron 100 cm^3 (o más si la solución no quedaba completamente clara) de la mezcla (1:1) de alcohol-éter neutralizada según la

sección 7,2. Se tituló los ácidos grasos libres con solución 0,1 N de hidróxido de sodio o potasio hasta alcanzar el punto final correspondiente al indicador (coloración rosada persistente durante aproximadamente 30 segundos si era fenolftaleína, o cambio del rojo al azul si era azul alcalino 6B).

5) Durante la titulación, se agitó vigorosamente la solución. En caso de que el volumen de la solución 0,10 N utilizado en la titulación superara los 20 cm^3, se optó por utilizar la solución 0,50 N de hidróxido de sodio o potasio.

Cálculos

La acidez se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\boldsymbol{A} = \frac{M.V.N.}{10m}$$

Donde:

A: acidez del producto, en porcentaje de masa.

M: masa molecular del ácido usado para expresar el resultado.

V: volumen de la solución de hidróxido de sodio o de potasio empleado en la titulación en cm^3.

N: normalidad de la solución de hidróxido de sodio o de potasio.

m: masa de la muestra analizada, en g.

3.3.5.2. Viscosidad

La evaluación de la viscosidad se efectuó conforme a las directrices establecidas en la normativa INEN 0038, utilizando el siguiente procedimiento:

Se registró el tiempo en segundos necesario para que un volumen constante del líquido fluyera a través del tubo capilar del viscosímetro, que estaba calibrado a una presión reproducible y en condiciones de temperatura cuidadosamente controladas. La viscosidad cinemática, un valor determinado, se calculó multiplicando el tiempo de flujo por la constante de calibración del viscosímetro. Se realizaron dos determinaciones para calcular un resultado de viscosidad cinemática, siendo este el promedio de dos valores aceptables.

Cálculos:

Calcular para cada valor de tiempo de flujo, t_1 y t_2, la viscosidad cinemática v_1 y v_2, utilizando la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{v_{1,2}} = Ct_{1,2}$$

Donde:

$v_{1,2}$: viscosidad cinemática determinada para v_1 y v_2, respectivamente, mm^2/s.

C: constante de calibración del viscosímetro, mm^2/s^2.

$t_{1,2}$: mediciones de los tiempos de flujo para t_1 y t_2 respectivamente, s.

3.3.5.3. Índice de peróxidos

La determinación del índice de peróxidos en el aceite extraído de las semillas de sambo se llevó a cabo de acuerdo con las directrices establecidas en la normativa INEN 277. El procedimiento empleado se describe a continuación:

1) La determinación se llevó a cabo duplicando el análisis sobre la misma muestra preparada.
2) Se pesó aproximadamente 5 g de muestra con una precisión de 0,10 mg.
3) La muestra fue transferida a un matraz Erlenmeyer de tapa esmerilada de 250 cm³, al cual se le añadieron 30 cm³ de una solución compuesta por ácido acético y cloroformo.
4) Se agitó el matraz Erlenmeyer hasta lograr la completa disolución del contenido, seguido de la adición de 0,50 cm³ de una solución saturada de yoduro de potasio, preferiblemente utilizando una pipeta de Mohr.
5) Se agitó el matraz Erlenmeyer con su contenido durante un minuto y se incorporaron 30 cm³ de agua destilada.
6) Utilizando una solución 0,10 N de tiosulfato de sodio, se tituló gradualmente y con agitación constante el contenido en el matraz Erlenmeyer, hasta que el color amarillo prácticamente desapareció.
7) Posteriormente, se añadieron 0,50 cm³ de una solución indicadora de almidón, y se continuó la titulación cerca del punto final, agitando constantemente para liberar todo el yodo de las capas de cloroformo. Se añadió la solución de tiosulfato de sodio gota a gota, hasta que el color azul desapareció por completo.

8) En caso de obtener un valor menor a 0,50 cm en la titulación, se repitió el ensayo utilizando una solución 0,01 N de tiosulfato de sodio.
9) Se llevó a cabo un único ensayo en blanco con todos los reactivos, excluyendo la muestra, y siguiendo el mismo procedimiento para cada determinación o serie de determinaciones.

El índice de peróxido se calcula mediante la ecuación siguiente:

Cálculos

$$\boldsymbol{I} = \frac{v^{N}}{m} 1000$$

Donde:

/: Índice del peróxido en mEq. de O por kilogramo del producto.

v: volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra, en cm. corregido del blanco).

N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m: masa de la muestra analizada, en g.

3.3.5.4. Reconocimiento saponificable

La identificación de los compuestos saponificables se efectuó de acuerdo con las directrices establecidas en la normativa INEN 40-1973, utilizando el siguiente procedimiento:

1) La determinación se llevó a cabo duplicando el análisis sobre la misma muestra preparada.
2) Se pesó, con una aproximación a miligramos, una cantidad de muestra preparada entre 2 g y 3 g, lo que consumió aproximadamente el 50% del total de álcali agregado.
3) Utilizando una pipeta volumétrica, se añadieron 25 cm^3 de la solución etanólica de hidróxido de potasio al matraz Erlenmeyer de 250 cm^3 o 300 cm^3. Se conectó el refrigerante de reflujo al matraz y se hirvió la mezcla en baño María durante 60 minutos para lograr la completa saponificación de la muestra.

4) Se agregó 1 cm³ de solución indicadora de fenolftaleína (o azul alcalino 6B en el caso de muestras oscuras) y se tituló, en caliente, el exceso de hidróxido de potasio con una solución 0,50 N de ácido clorhídrico o sulfúrico hasta que desapareció la coloración rosada (o se observó un cambio del color rojo al azul, si se usó azul alcalino).
5) Simultáneamente, para cada determinación, se llevó a cabo un ensayo en blanco con todos los reactivos, excluyendo la muestra y siguiendo el mismo procedimiento.

Cálculos

El índice de saponificación se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\boldsymbol{i} = \frac{56{,}1(V_1 - V_2)N}{m}$$

Donde:

i: índice de saponificación del producto, en mg/g.

V_2: volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación de la muestra, en cm

V_1: volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, en cm

N: normalización de la solución de ácido clorhídrico o sulfúrico.

m: masa de la muestra analizada, en g.

3.3.6. Análisis estadístico

Se efectuó una estadística descriptiva, un análisis de varianza, pruebas de rangos múltiples mediante el método Tukey, y se generaron gráficos de medias e interacciones utilizando los softwares Excel y Statgraphics.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio de investigación, se realizaron diferentes metodologías donde se obtuvieron los siguientes resultados en función a los objetivos planteados:

4.1. Análisis físicos y químicos de la semilla de sambo

Se detallan los datos obtenidos del análisis físico-químico de la semilla de sambo, estos análisis se los realizó en el Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Tabla 13

Valores promedios de humedad, ceniza, grasa y fibra de la semilla de sambo

Análisis	Valor	Método	Unidad
Humedad	6,06	AOAC 925.10.	%
Ceniza	6,13	AOAC 923.03.	%
Grasa	46,15	AOAC 2003.06.	%
Fibra	21,80	WEENDE	%

La tabla 13 muestra los valores promedios de los análisis de humedad, ceniza, grasa y fibra presentes en la semilla de sambo.

La semilla de sambo presentó un contenido de humedad de 6,06%, este resultado obtenido es superior al enseñado por Guartanza (2023); Zambrano (2019), quienes reportaron una humedad de 4,15% y 5,35% respectivamente en semillas de sambo. Por otro lado Alvarez (2019), reportó una humedad superior de 92,96% en la semilla de sambo.

La cantidad de ceniza de la semilla de sambo fue de 6,13%, los autores Balbín (2018); Guartanza (2023), presentaron valores inferiores de ceniza de 5,29% y 5,33% en la semilla de sambo.

El contenido de grasa de la semilla de sambo obtenido fue de 46,15%. Alvarez (2019), en su investigación reportó un valor inferior de 20,13% en el contenido de grasa de la misma materia prima. Sin embargo Zambrano (2019), reportó un valor similar de 42,37% de grasa en la semilla de sambo.

El porcentaje de fibra en la semilla de sambo es 21,80%, este valor es superior a Quiñonez & Toapanta (2019), quienes obtuvieron 8,6% de fibra. Sin embargo Alvarez (2019); Balbín (2018), consiguieron un porcentaje menor de fibra de 3,79% y 3,14% respectivamente.

Los valores obtenidos al ser comparados de acuerdo a la Normativa INEN NTE 2570:2011 y bibliografía se menciona que la humedad reportada se encuentra dentro de los rangos (mín: 6%; máx: 8,44%), cenizas (mín: 5,62%; máx: 6,50%), grasa (mín: 46%; máx: 48,20%), fibra (mín: 20,72%; máx: 22,11%).

Se evidencia que la diferencia entre los resultados presentados en relación a bibliografía, posiblemente se debe al método de análisis aplicado, al lugar de cultivo de la materia prima. También se puede mencionar a los factores edafoclimáticos tales como: suelos, climas, pendiente del terreno, agua, vientos, luz, entre otros.

4.2. Obtención del aceite de semilla de sambo

Se presenta los parámetros de obtención del aceite de semilla de sambo, a través del método de prensa de tornillo.

Tabla 14

Parámetros de obtención del aceite de semilla de sambo

Tratamiento	Peso de semilla (g)	Temperatura (ºC)	Aceite (ml)	Densidad (g/ml)	Residuo (g)
Tratamiento 1	500	85	157,00	0,85	112,50
Tratamiento 2		100	161,75	0,91	105,59
Tratamiento 3		115	149,50	0,90	98,72

La tabla 14 muestra los valores de los parámetros aplicados y las cantidades obtenidas del aceite de semilla de sambo, se evidencia que el rendimiento obtenido es altamente significativo en relación a la cantidad de materia utilizada. Sin embargo, es importante mencionar que al usar el método de prensa de tornillo la densidad del aceite obtenido se encuentra dentro de los rangos establecidos.

4.2.1. Determinación del perfil lipídico del aceite

Para la experimentación se realizó un proceso de extracción de aceite a partir de las semillas del sambo, mediante la presan de tornillo de 60 kps a 950 kps. Luego se procedió a realizar el análisis del perfil lipídico del aceite de la semilla de sambo, el cual indica la composición de los lípidos presentes.

Tabla 15

Perfil lipídico del aceite de semilla de sambo

Tratamiento 1		**Tratamiento 2**		**Tratamiento 3**	
Ácido	Área %	Ácido	Área %	Ácido	Área %
Palmítico	15,63	Palmítico	15,78	Palmítico	15,72
Esteárico	8,85	Esteárico	8,64	Esteárico	8,64
Oleico	31,37	Oleico	31,33	Oleico	31,06
Linoléico	37,65	Linoléico	38,57	Linoléico	37,31
Linolénico	0,36	Linolénico	0,38	Linolénico	0,45
Araquídico	0,50	Araquídico	0,48	Araquídico	0,47
11-eicosenoico	0,12	11-eicosenoico	0,11	11-eicosenoico	0,12
Docosanoico	0,20	Docosanoico	0,19	Docosanoico	0,19
Ricinoleico	0,23	Ricinoleico	0,24	Ricinoleico	0,16
Escualeno	0,79	Escualeno	0,74	Escualeno	0,56
Ftálico	4,28	Ftálico	3,49	Ftálico	4,95

La tabla 15 indica los compuestos más abundantes del perfil lipídico del aceite de semilla de sambo obtenido, donde se puede mencionar que los ácidos grasos mayoritarios son ácido oleico, linoleico, linolenico y palmítico.

En la investigación de Yahay et al. (2021), presentaron valores similares en relación al ácido oleico (32,04%), linoléico (38,22%) y linolénico (0,78%), tras analizar el perfil lipídico del aceite de oliva. Por otro lado Campos et al. (2020), reportaron valores inferiores de ácido palmítico (14,05%), oleico (30,47%), linoléico (32,05% y linolénico (0,41%), en el aceite extra virgen de oliva. Sin embargo Albrahim et al. (2022), reportaron valores superiores e inferiores de ácido oleico (33,04%), linoléico (34,77%), linolénico (0,82%), 11-eicosenoico (0,14%) en el aceite de palma.

Es importante mencionar que los compuestos de ácidos grasos del aceite obtenido en comparación con los aceites de oliva y aceite de palma presentan valores similares demostrando una gran importancia del aprovechamiento de las semillas del sambo.

4.3. Parámetros de control de calidad para el aceite obtenido

Se determino los parámetros de control de calidad del aceite de semilla de sambo con la finalidad de presentar un producto de calidad, en comparación de otros aceites.

Tabla 16

Valores de parámetros de calidad del aceite esencial

Tratamiento	Acidez (%)	Saponificación (ml/g)	Peróxido (mEq O_2/kg)	Viscosidad (cP)	Densidad (g/ml)
1	0,56	139,01	1,86	0,39	0,85
2	0,69	143,29	4,59	0,43	0,91
3	0,71	135,54	7,39	0,28	0,90

La tabla 16 muestra los valores de las condiciones del control de calidad del aceite de semilla de sambo como acidez, saponificación, peróxidos, densidad y viscosidad.

Los valores obtenidos al ser comparados de acuerdo a la Normativa INEN NTE 038 se menciona que la acidez reportada se encuentra dentro de los rangos de calidad (mín: 0,65%; máx: 0,85%), el índice de saponificación (mín: 134,21 ml/g; máx: 189,32 ml/g), peróxidos (mín: 4,00 mEq O_2/kg; máx: 12,01 mEq O_2/kg), densidad (mín: 0,84 g/ml; máx: 0,96 g/ml) por último viscosidad (mín: 0,32 cP; máx: 0,62 cP).

Es importante indicar que Índice de peróxidos muestra el grado de oxidación del aceite, un índice de peróxidos elevado sugiere que el aceite puede haberse vuelto rancio o estar en proceso de descomposición debido a la exposición al oxígeno, la luz o el calor. La acidez se refiere al contenido de ácidos grasos libres, una acidez alta puede indicar una mala calidad del aceite o un proceso de extracción inadecuado.

Los aceites de alta calidad suelen tener una acidez muy baja. Por último, una viscosidad alta puede indicar la presencia de impurezas o compuestos insolubles en el aceite, se toma se referencia que el aceite de semilla de sambo presenta un fluido newtoniano que le hace ideal para ciertas aplicaciones industriales, alimenticias y cosméticas donde se requiere una viscosidad constante (Yahay et al,. 2021).

4.3.1. Anova del índice de peróxido de los tratamientos

Tabla 17

Anova de peróxidos de los factores en estudio

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Temperatura de calentamiento	1,26	2	0,63	29,36	0,000 **
B: % de cloruro de sodio	0,06	1	0,06	3,23	0,097 *ns*
C: % de ácido cítrico	0,17	1	0,17	8,29	0,013 *
Interacciones					
AB	0,12	2	0,06	3,01	0,087 *ns*
AC	0,18	2	0,09	4,40	0,036 *
BC	0,00	1	0,00	0,22	0,644 *ns*
ABC	0,25	2	0,12	5,95	0,016 *
Residuos	0,25	12	0,02		
Total (corregido)	2,34	23			

Nota. *: significativo; **: altamente significativo; *ns:* no significativo.

En la tabla 17 se especifica el análisis de varianza de la concentración de peróxidos, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 4 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto altamente significativo con un 95,00% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores en estudio tienen diferencia altamente significativa, se ejecutó pruebas de rangos múltiples por el método de diferencia mínima significativa (TUKEY) para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor B y Factor C.

Figura 7

Medias del factor A en el contenido de peróxidos

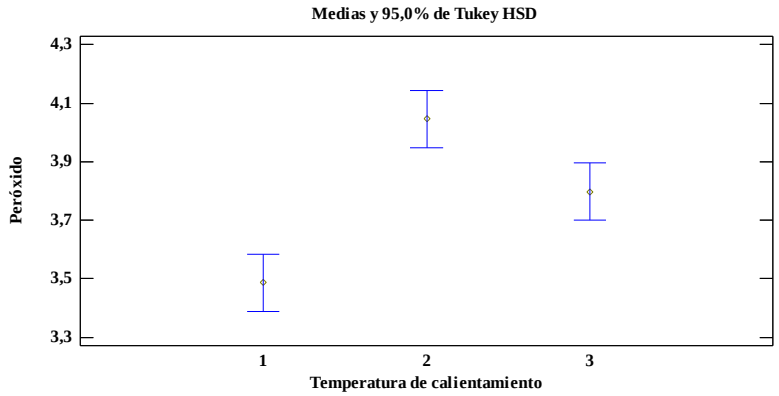


Tabla 18

Prueba de rangos múltiples del factor A en el contenido de peróxidos

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
a_1	8	3,48	0,05	A
a_3	8	3,79	0,05	B
a_2	8	4,04	0,05	C

En la figura 7 y tabla 18 se muestra de forma numérica y gráfica la comparación de medias del factor A para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe tres grupos homogéneos, el nivel a_2 presentó un valor elevado de peróxidos de 4,04 y un mínimo de 3,48.

Figura 8

Medias del factor B en el contenido de peróxidos

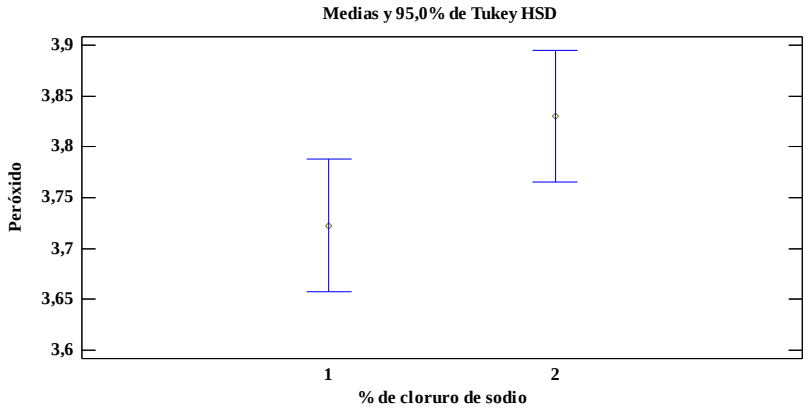


Tabla 19

Prueba de rangos múltiples del factor B en el contenido de peróxidos

% de cloruro de sodio	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
b_1	12	3,72	0,04	A
b_2	12	3,83	0,04	A

En la figura 8 y tabla 19 se muestra de forma numérica y grafica la comparación de medias del factor B para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe un grupo homogéneo, el nivel b_2 indico un valor elevado de 3,83 y el nivel b_1 un valor de inferior de 3,72 para el índice de peróxidos.

Figura 9

Medias del factor C en el contenido de peróxidos

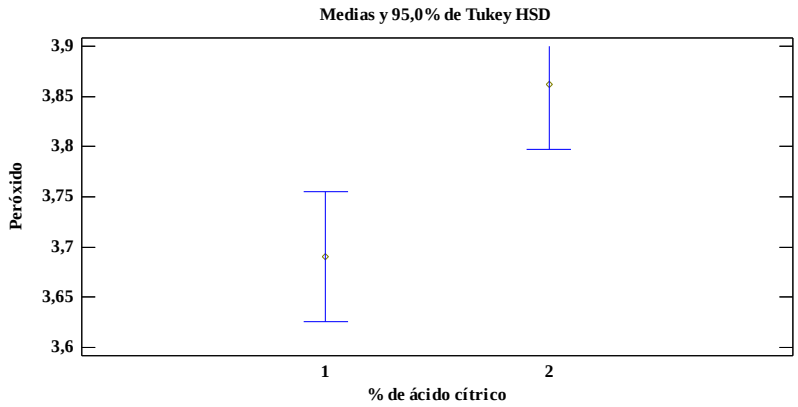


Tabla 20

Prueba de rangos múltiples del factor C en el contenido de peróxidos

% de ácido cítrico	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
c_1	12	3,69	0,04	A
c_2	12	3,86	0,04	B

En la figura 9 y tabla 20 se muestra de forma numérica y grafica la comparación de medias del factor C para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe dos grupos homogéneos, el nivel c_2 presentó un valor alto de 3,86 y un menor de 3,69 en la concentración de peróxidos.

Tabla 21

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	3,15	A
3	2	3,39	AB
2	2	3,59	BC
9	2	3,59	BC
7	2	3,79	CD
12	2	3,79	CD
10	2	3,79	CD
4	2	3,79	CD
6	2	3,99	DE
11	2	3,99	DE
5	2	4,19	E
8	2	4,19	E

La tabla 21 detalla la prueba de medias para la determinación del índice de peróxidos presentes en el aceite de semilla de sambo, donde se indica que se han identificado 5 grupos homogéneos, según las diferentes letras presentadas en las columnas. Se puede apreciar que el valor de la media LS más bajo de peróxidos es del tratamiento 1, correspondiente a la combinación de los niveles $a_1 b_1 c_1$(temperatura de 75ºC + 5% de cloruro de sodio + 1% de ácido cítrico), con un valor de 3,15 mEq O_2/kg indicando que el aceite comestible refinado obtenido tiene una excelente calidad.

Guartanza (2023), presentó un valor alto de peróxido de 9,01 mEq O_2/kg en el aceite de semilla de sambo. Sin embargo Campos et al. (2020) reportaron un índice de peróxido de 4,02 mEq O_2/kg en el aceite extra virgen de oliva. Esto demuestra que un nivel bajo de índice de peróxido en el aceite es un indicador de la calidad y la frescura del aceite. Los peróxidos son compuestos que se forman durante el proceso de oxidación del aceite debido a la exposición al oxígeno, la luz y el calor.

4.4. Diseño comercial del aceite de semilla de sambo

La etiqueta diseño en base a la normativa NTE INEN 2867 (2015), donde el envase y etiqueta del producto debe mostrar caracteres legibles y visibles del nombre y marca del producto, además se debe indicar la información nutricional y su fecha de elaboración y caducidad.

Figura 10

Etiqueta del aceite de sambo



CAPÍTULO V

5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Se lo realizó mediante la comparación de los valores de F calculada en el cuadro de análisis de varianza ANOVA, con los valores de F correspondientes a la tabla de Fisher al 0,05 de significancia, con la siguiente denominación: si F calculado es mayor que F de tablas se rechaza la Ho (Hipótesis nula) y se acepta la Ha (Hipótesis alternativa).

Tabla 22

Comparación de los valores F para el contenido de peróxidos

Factores	F - Calculada	F - Tablas
Factor A: Temperatura de calentamiento	29,36	3,49
Factor B: % de cloruro de sodio	3,23	3,49
Factor C: % de ácido cítrico	8,29	3,49
Interacción: Factor A x Factor B x Factor C	5,95	3,49

En la tabla 22 se indica que los tres factores en estudio presentan diferencia altamente significativa para el índice de peróxido en el aceite de semilla de sambo con un nivel de confianza del 95%; demostrando que el valor de F calculado es superior al valor de F tabulado.

Por otro lado, es importante mencionar que una vez realizado el estudio se encontró que el aceite comestible refinado a partir de semillas de sambo y su posterior análisis de peróxidos si muestra diferencia en los tratamientos con valores de 3,15 mEq O_2/kg a 4,19 mEq O_2/kg. Aseveraciones que las respaldan los análisis de laboratorios reportados, por lo que se procede a rechazar la Ho (Hipótesis nula) y se acepta la Ha (Hipótesis alterna).

5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2.1. Conclusiones

Con el desarrollo de la investigación, se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Se realizó el análisis físico-químico en la semilla de sambo, donde se reportaron valores favorables de 6,06% en humedad, 6,13% en ceniza, 46,15% en grasa y 21,80% en fibra. Estos valores presentados determinan que la materia prima utilizada, es idónea para la obtención de un aceite comestible.
- De acuerdo al análisis del perfil lipídico del aceite de semilla de sambo los ácidos grasos más relevantes fueron el ácido oleico 31,33%, ácido linoléico 38,57%, ácido linolénico 0,38%, ácido palmítico 15,78% y ácido esteárico 8,64%, quienes presentaron valores significativos en comparación a otros aceites como el de oliva y de palma, demostrando una alta calidad.
- Se analizó los parámetros de calidad del aceite, donde la acidez fue 0,69%, índice de saponificación de 143,29 ml/g, índice de peróxidos de 4,59 mEq O2/kg y una viscosidad de 0,43 cP, lo que represento valores favorables que demuestran que el aceite de semilla de sambo con la adición de cloruro de sodio y ácido cítrico consiguió una mejor calidad.
- El aceite de semilla de sambo refinado a una temperatura controlada entre 75ºC a 85ºC, con la adición de 5% - 8% de cloruro de sodio y 1% - 1,5% de ácido cítrico logró reducir el índice de peróxido de 4,59 mEq O2/kg a 3,15 mEq O2/kg, esto ayudó a que el aceite mantenga un sabor único y tenga una mejor vida útil.

5.2.2. Recomendaciones

- Para nuevos proyectos en la misma línea de investigación, se recomienda realizar análisis fisicoquímicos más completos de otras materias primas que se pueda extraer aceite comestible.
- Se recomienda la creación de un centro de acopio que tenga condiciones óptimas de calidad para el aprovechamiento de las semillas de sambo.
- Se sugiere realizar un análisis comparativo del perfil lipídico, ya que esto permitirá identificar de mejor manera los ácidos grasos más abundantes en el aceite que ayudan a identificar el valor nutricional sobre todo la calidad del aceite.

BIBLIOGRAFÍA

Albrahim, T., Alotaibi, M. H. M., Altamimi, N. M. M., Albariqi, A. M. A., Alqarni, L. A. O., Alassaf, S. N. A., Aloudah, H. S., Alahmed, M., Almnaizel, A. T., Aldraihem, M. R., & Alonazi, M. (2022). The impact of dietary consumption of palm oil and Olive Oil on lipid profile and hepatocyte injury in hypercholesterolemic rats. *Pharmaceuticals*, *15*(9), 1103. https://doi.org/10.3390/ph15091103

Alvarado Sari, E. G. (2022). *Aplicación de técnicas culinarias en preparaciones de innovación de sal y dulce con base en sambo (Cucurbita ficifolia) y zapallo (Cucurbita máxima)* [Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/38408/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf

Alvarez Maya, D. J. (2019). *Análisis del sambo (C. ficifolia) y creación de propuestas gastronómicas de autor* [Universidad Internacional del Ecuador]. https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3862/1/T-UIDE-2225.pdf

Arévalo, F. H., & Reátegui, K. (2020). Calidad y rendimiento del carbón activado de la cáscara del fruto de calabaza (Cucurbita ficifolia) obtenido por método químico. *Revista Forestal del Perú*, *35*(1), 21-30. https://doi.org/10.21704/rfp.v35i1.1473

Artica Mallqui, L., Baquerizo Canchumanya, M. L., Rosales Papa, H. A., & Rodriguez Paucar, G. N. (2023). Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de aceites de calabaza, zapallo y soya, durante eltratamiento térmico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *21*(2), 75-86. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2087

Balbín Chuquillanqui, Y. (2018). *Influencia de la cocción por vía húmeda y seca en las propiedades funcionales de harina de semilla de calabaza* [Universidad Nacional delCentrodelPerú].https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4368/Balbin%20Ch.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrón Álvarez, N., Prado Barragán, L. A., Fortis Barrera, M. D. L. Á., & Alarcon Aguilar, F. J. (2022). Fermentation of the cucurbita ficifolia fruit juice: Its antioxidant activity and affects on the Glycemia. *Beverages*, *8*(3), 1-14. https://doi.org/10.3390/beverages8030055

Bautista Vásquez, R. (2020). *Análisis físico-químico y evaluación de compuestos bioactivos en extractos de chilacayote (Cucúrbita ficifolia Bouché)* [Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio]. https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3680/1/TESIS_RAFAEL%20BV.pdf

Benítez Solís, E. del R. (2022). *Evaluación del prendimiento de dos variedades de cucurbitáceas en tres portainjertos para producir plantas de pepino (Cucumis sativus L.)* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36425/1/002%20Agronom%c3%ada%20%20Ben%c3%adtez%20Sol%c3%ads%20Elizabeth%20Del%20Roc%c3%ado.pdf

Cagua Gómez, B. J. (2020). *Análisis de costos de producción nacional de aceite crudo de palma vs precio internacional y su incidencia en la industria aceitera de Ecuador*[UniversidaddelasAméricas].https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/13442/1/UDLA-EC-TMDOP-2020-04.pdf

Campos, V. P., Portal, V. L., Markoski, M. M., Quadros, A. S., Bersch-Ferreira, Â. C., Garavaglia, J., & Marcadenti, A. (2020). Effects of a healthy diet enriched or not with pecan nuts or extra-virgin olive oil on the lipid profile of patients with stable coronary artery disease: A randomised clinical trial. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *33*(3), 439-450. https://doi.org/10.1111/jhn.12727

Carvajal Carvajal, C. (2019). *Lípidos, Lipoproteínas y Aterogénesis: Vol. I* (EDNASSS). EDNASSS.https://repositorio.binasss.sa.cr/repositorio/bitstream/handle/20.500.11764/721/lipidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castro Gaibor, C. S. (2019). *Aprovechamiento del aceite Sacha Inchi (Plukenetia volubilis) para uso agroindustrial* [Universidad de las Américas]. https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11523/1/UDLA-EC-TIAG-2019-30.pdf

Cepeda Calero, J. L. (2021). *Caracterización de yogurt tipo III con la adición de mermelada de zambo (Cucurbita ficifolia Bouché) como edulcorante* [Escuela SuperiorPolitécnicadeChimborazo].http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15516/1/27T00468.pdf

Chaves Yela, J. A., Ortiz Tobar, D. P., Bahos Ordoñez, E. M., Ordoñez Forero, G. A., & Villota Padilla, D. C. (2020). Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (Oenocarpus Bataua). *Perspectivas en Nutrición Humana*, *22*(2), 175-188. https://doi.org/10.17533/udea.penh.v22n2a05

Chiliquinga Chanaluisa, L. J. (2022). *Determinación de ácidos grasos saturados e insaturados en la carne de conejos producidos en la provincia de Tungurahua* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34965/1/BQ%20306.pdf

Coanqui Zapana, T. A., & Cabrera Pérez, S. G. (2020). *Aceite de semillas cucurbitáceas y su efecto en la salud* [Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3385/Sandra_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Colobón Joseph, S. C. (2021). *Evaluación de la aplicación de atmósferas modificadas y temperatura de almacenamiento en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, el contenido de fibra y carbohidratos del zambo Cucurbita ficifolia bouche* [Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11515/2/03%20EIA%20530%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Corsini Bravo, F. S. (2020). *Diseño de proceso de refinamiento de aceite de canola en la PlantaAvensur*®[UniversidaddeChile].https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/178063/Dise%c3%b1o-de-proceso-de-refinamiento-de-aceite-de-canola-en-planta-Avensur.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cuchipe Chacha, C. I. (2023). *Extracción por prensado en frio y valoración de las características fisicoquímicas y sensoriales del aceite de dos variedades de aguacate (Persea americana)* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9992/1/MUTC-001419.pdf

ESPAC (Ed.). (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec//encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/

Fuentes Soriano, P. (2019). *Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la diferenciación de nueces (Junglans regia) ségun su origen* [Universidad deCádiz].https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, A. J. (2020). *Ingesta lipídica y síndrome metabólica en adultos con alto riesgo cardiovascular* [Universitat de les Illes Balears]. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/671462/tajg1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gómez Herrera, C. (2009). Importancia actual de la oleoquímica en el sector industrial de tensioactivos. *Grasas y Aceites*, *60*(4), 413-419. https://doi.org/10.3989/gya.032309

Gonzales Iquira, M. A. (2021). *Diseño de un proceso para la producción de aceite comestible a partir de materias primas alternativas: Semillas de zapallo y su grado de aceptación en el consumidor de Arequipa* [Universidad Nacional de San AgustíndeArequipa].https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/47095bbb-299a-467f-9e84-161bd8f1c5ca/content

Guachamin Zambrano, P. W. (2021). *Cuantificación de Ácidos Grasos de aceites comestibles reutilizados en la elaboración de alimentos en la ciudad de Ambato por Cromatografía de Gases con detector de espectrometría de masas* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32089

Guartanza Loja, J. L. (2023). *Extracción de aceite a partir de semillas de sambo (cucurbita ficifolia) proveniente de la Parroquia Chuquiribamba del Cantón Loja* [Universidad.Nacional.de.Loja].https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27498/1/Jos%C3%A9Luis_GuartanzaLoja.pdf

Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, R. de la vara. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda).McGrawHill.https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Hernández Galeno, C. del A., Flores Zárate, M., Castro Lara, D., Vera Sánchez, K. S., & Toledo Aguilar, R. (2020). Diversidad y distribución de calabazas (Cucurbita spp.) en Guerrero, México. *Agro Productividad*, 40-46.

Hilares, N. (2021). *Consumo de calabaza (Cucurbita ficifolia) en el Distrito de Abancay—2019* [Universidad Tecnológica de los Andes]. https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/336/1/Consumo%20de%20calabaza%20%28cucurbita%20ficifolia%29%20en%20el%20distrito%20de%20Abancay.pdf

Ibáñez García, A. (2019). *Los ácidos grasos esenciales: Prevención y tratamiento de la inflamación* [Universidad de Cantabria]. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/16516/Iba%C3%B1ezGarciaAlejandro.pdf

Méndez Cid, F. J. (2019). *Estudio del enranciamiento autooxidativo de algunas grasas animales: Correlación y representatividad de los parámetros indicadores* [UniversidaddeVigo].https://www.investigo.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/1268/MendezCid_FranciscoJos%C3%A9_TD_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mendieta Domínguez, J. I., & Zambrano Tuárez, S. A. (2021). *Tiempo y temperatura de tostado sobre el grado de alegia alimentaria en la semilla de zapallo (Cucúrbita Máxima D.)* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1414/1/TTAI19D.pdf

Montenegro Bonilla, D. M., Flores Flores, N. L., Rodriguez Lira, B. M., Arriaga Montiel, N. I., Yáñez Chávez, D. I., & Ramírez Moreno, E. (2023). Análisis de los aceites vegetales y su estabilidad en la fritura. *Educación y Salud Boletín Científico*

Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, *11*(22), 58-66. https://doi.org/10.29057/icsa.v11i22.10217

Morocho Arévalo, M. B. (2021). *Autooxidación de lípidos en alimentos y posibles consecuencias en el ser humano* [Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37658/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf

Motta Ruiz, C. P., & Mendoza Zambrano, G. P. (2018). *Determinación de parámetros tecnológicos para la extracción de aceite a partir de semillas de cucurbitáceas, lacayote (cucurbita ficifolia bouche) y zapallo (cucurbita máxima duchesne) y la optimización de la capacidad de prensado y sistema de seguridad de una prensa discontinua UCSM 2017* [Universidad Católica de Santa María]. https://core.ac.uk/download/pdf/198123649.pdf

Muñoz, J. A., & Rodríguez González, I. C. (2024). Invasoras inadvertidas: Establecimiento de Cucurbita ficifolia Bouché en relictos de un bosque andino disturbado. *Botanical Sciences*, *102*(2), 369-389. https://doi.org/10.17129/botsci.3426

Narváez Enríquez, C. J. (2021). *Extracción y caracterización de aceite de semillas de calabaza (Cucúrbita ficifolia), mediante el uso de distintos solventes* [Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1320/1/048-%20NARVAEZ%20ENR%C3%8DQUEZ%20CINTYA%20JOHANNA.pdf

NMX-F-808-SCFI. (2018). *Alimentos—Aceite vegetal comestible—Especificaciones*. Normas.Mexicanas.Dirección.GeneraldeNormas.https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-808-SCFI2018_aceite_vegetal.pdf

Oriva. (2018). *¿De qué depende la densidad del aceite?* Ciencia y Salud. https://oriva.es/densidad-aceite/

Padial Domínguez, M. (2021). *Diseño y estabilización de lípidos funcionales* [Universidad.de.Granada].https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/68160/75321.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Parraga Saavedra, S. F. (2019). *Identificación y cuantificación de ácidos grasos en la posicion SN-2 en 5 variedades de palmas hibridas (E. Oleíferas x E. Guineensis) Manta 2019* [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1954?mode=full

Quiñonez Ortiz, M. J., & Toapanta Guamaní, E. F. (2019). *Efecto de la adición de pasta de semillas de sambo (Cucurbita ficifolia) como reemplazo parcial de grasa animal en la elaboración de salchicha cabanossi.* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6006/6/PC-000734.pdf

Ramírez Montes, S., Rodríguez Ávila, J. A., Santos López, E. M., Galán Vidal, C. A., & Tavizón Pozos, J. A. (2023). Clasificación de aceites vegetales comestibles de acuerdo con su degradación. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, *11*(Especial), 1-4. https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial.10220

Ramírez Nieves, I. A. T. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles* [Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.]. http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/56909

Rodríguez Almeida, E. O. (2022). *Extracción y caracterización físico-química de cera natural de Morella pubescens Humb & Bonp (Laurel de cera) a nivel laboratorio*

[Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/18194/1/33T00409.pdf

Rosario León, P. H. (2019). *Efecto protector de la almendra de semillas de Cucurbita ficifolia Bouché (calabaza blanca) en el daño hepático inducido por paracetamol en ratones* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11459/Rosario_lp.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Rosquete Afonso, G. (2019). *Máster chef senior: Aceite de oliva virgen* [Universidad de laLaguna].https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/15159/Master%20chef%20senior%20Aceite%20de%20oliva%20virgen%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruiz Mora, F. E. (2022). *Extracción, caracterización e índice de estabilidad del aceite de ajonjolí (Sesamum indicum L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34281/1/t1938mquim.pdf

Sánchez Torres, A. (2020). *Diseño de una planta de producción de aceite de oliva refinado a partir de aceite de oliva lampante* [Universidad de Sevilla]. https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93300/fichero/TFG-3300+S%C3%81NCHEZ+TORRES%2C+ANA.pdf

Silverthorn, D. U., Ober, W. C., Garrison, C. W., & Fernández Castelo, S. (2008). *Fisiología humana: Un enfoque integrado* (4a ed). Medica Panamericana. https://search.worldcat.org/title/fisiologia-humana-un-enfoque-integrado/oclc/1025503101#.XzxJ4aqhl

Tovar Tobar, K. A. (2022). *Estudio de factibilidad técnica ecnómica para la elaboración de balanceado a base de harina de sambo para cerdos en el cantón Latacunga* [UniversidadTécnicadeCotopaxi].http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9215

Vaca Canto, F. C. (2022). *Evaluación del perfil de ácidos grasos en hamburguesas de carne de cordero, enriquecida con semillas de cáñamo (Cannabis sativa)* [UniversidadAgrariadelEcuador].https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VACA%20CANTO%20FERNANDA%20CONSUELO.pdf

Vaillant Sánchez, S. (2018). *Investigación sobre el uso del aceite de jojoba (Simmondsia chinensis) como plastificante natural para el procesamiento de elastómeros (EPDM)* [Centro de Investigación en Química Aplicada]. https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/586/1/Tesis%20MTP%20Sandra%20Vaillant%2011%20Sep%202018.pdf

Vargas Flores, J. V. (2021). *Formulación y caracterización físico-química de un sistema disperso emulsionable a base de Olea europaea, Butyrospermum parkii Y Cucurbita ficifolia para la microempresa OMEGALAB* [Escuela Superior PolitécnicadeChimborazo].http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15428/1/56T01046.pdf

Vega Dominguez, J. C. (2023). *Refinado de aceite crudo de pescado de anchoveta (Engraulis ringens) en la Empresa BIOPEX S.A.C* [Universidad Nacional de Barranca].https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/216/Tesis%20Juan%20Ceferino%20Vega%20Dom%C3%ADnguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Viteri Cevallos, H. R. (2021). *Análisis de los criterios que influyen en la decisión de compra de aceites vegetales en la clase media guayaquileña Año 2021. Caso RICA PALMA.* [Universidad Tecnológica Ecotec]. https://repositorio.ecotec.edu.ec/bitstream/123456789/212/1/VITERI%20HUGO.pdf

Yahay, M., Heidari, Z., Allameh, Z., & Amani, R. (2021). The effects of canola and olive oils consumption compared to sunflower oil, on lipid profile and hepatic steatosis in women with polycystic ovarian syndrome: A randomized controlled trial. *Lipids in Health and Disease, 20*(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s12944-021-01433-9

Zambrano Zambrano, J. C. (2019). *Estudio comparativo de la calidad de snacks elaborados a partir de semillas de zambo (Cucurbita Ficifolia B) y semillas de girasol (Helianthus Annuus L)* [Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5444/1/UNACH-EC-ING-AGRO-IND-2019-0002.pdf

Zhang, T., Xie, J.-J., Zhang, J., An Yang, Z., Xue, L., & Lian He, S. (2021). Analysis of Cucurbita ficifolia (Cucurbitaceae) chloroplast genome and its phylogenetic implications. *Mitochondrial DNA B Resour, 6*(10), 3033-3035. https://doi.org/10.1080/23802359.2021.1959440

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2. Análisis fisicoquímico de las semillas de sambo

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°052

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Daicy Gavilanez – Daisy Tixilema
Muestra	Semillas de sambo
Código asignado UEB	INV573
Estado de la muestras	Estado fresco
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Ceniza, fibra, humedad
Fecha de recepción	06 de noviembre del 2023
Fecha de análisis	06-10 de noviembre 2023
Fecha de informe	18 de enero del 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS BROMATOLÓGICOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV206	Semillas de sambo	Fibra	%	WEENDE	21,80
		Humedad	%	AOAC 925.10	6,06
		Ceniza	%	AOAC 923.03	6,13

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis y a tres diluciones.

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Universidad Estatal de Bolívar
INVESTIGACIÓN

Anexo 3. Análisis fisicoquímico del aceite comestible

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2024
		Pagina	Página 2 de 2

		Índice de saponificación	mg/g	INEN 40	142,52 138,72 138,72
INV465	Aceite de semillas de sambo (prensado-115°C)	Índice de acidez	mg KOH/g	INEN 38	4,64 4,77 4,72
		Índice de peróxidos	meq. O/Kg producto	INEN 277	6,90 7,40 7,80
		Índice de saponificación	mg/g	INEN 40	123,20 123,20 123,20

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis y a tres diluciones.

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Universidad Estatal de Bolívar

INFORME DE ENSAYOS N°008

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Daicy Gavilanez – Daysi Tixilema
Muestra	Aceite de semillas de sambo (prensado-85°C), Aceite de semillas de sambo (prensado-100°C), Aceite de semillas de sambo (prensado-115°C)
Código asignado UEB	INV463-INV464-INV465
Estado de la muestras	Viscosos
Envase de recepción	Botellas de vidrio color ámbar
Análisis requerido(s)	Índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxido
Fecha de recepción	18 de diciembre del 2023
Fecha de análisis	18 - 21 de diciembre de 2023
Fecha de informe	18 de enero del 2024
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS FISICOQUÍMICOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV463	Aceite de semillas de sambo (prensado-85°C)	Índice de acidez	mg KOH/g	INEN 38	0,57
					0,58
					0,54
		Índice de peróxidos	meq. O/Kg producto	INEN 277	1,80
					1,60
					1,80
		Índice de saponificación	mg/g	INEN 40	145,3
					149,10
					149,10
INV464	Aceite de semillas de sambo (prensado-100°C)	Índice de acidez	mg KOH/g	INEN 38	0,71
					0,70
					0,67
		Índice de peróxidos	meq. O/Kg producto	INEN 277	4,60
					4,40
					4,80

EQUIPO	GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 A
DETECTOR	AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD
COLUMNA	Columna DB-WAXetr (60m x 0.250mm x 0.25µm)
MÉTODO CROMATOGRÁFICO	**Temperatura del inyector:** 210 °C; **Modo de inyección:** volumen de inyección: 1 µL Splitless; **Temperatura del detector:** 250 °C; **Programa térmico:** Temperatura del horno 180 °C durante 5 minutos, se incrementó de 180 °C a 200 °C a razón de 1.5 °C/min y finalmente se incrementó de 200 °C a 250 °C a razón de 3 °C/min durante 20 minutos. **Tiempo total de corrida**: 55 minutos

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Palmitic acid, methyl ester	17.730	15.72
2	Stearic acid, methyl ester	24.883	8.64
3	Oleic acid, methyl ester	25.765	31.06
4	trans-Vaccenic acid, methyl ester	25.895	0.55
5	Linoleic acid, methyl ester	27.394	37.31
6	Linolenic acid, methyl ester	29.323	0.45
7	Arachidic acid methyl ester	31.306	0.47
8	11-Eicosenoic acid, methyl ester	31.982	0.12
9	Docosanoic acid, methyl ester	37.183	0.19
10	Ricinoleic acid methyl ester	44.098	0.16
11	Squalene	45.473	0.56
12	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	50.642	4.95

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
Teléf. (+593) 99 031 6224

EQUIPO	GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 A
DETECTOR	AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD
COLUMNA	Columna DB-WAXetr (60m x 0.250mm x 0.25µm)
MÉTODO CROMATOGRÁFICO	**Temperatura del inyector:** 210 °C; **Modo de inyección:** volumen de inyección: 1 µL Splitless; **Temperatura del detector:** 250 °C; **Programa térmico:** Temperatura del horno 180 °C durante 5 minutos, se incrementó de 180 °C a 200 °C a razón de 1.5 °C/min y finalmente se incrementó de 200 °C a 250 °C a razón de 3 °C/min durante 20 minutos. **Tiempo total de corrida**: 55 minutos

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Palmitic acid, methyl ester	17.737	15.78
2	Stearic acid, methyl ester	24.889	8.64
3	Oleic acid, methyl ester	25.760	31.33
4	Linoleic acid, methyl ester	27.396	38.57
5	Linolenic acid, methyl ester	29.321	0.38
6	Arachidic acid methyl ester	31.305	0.48
7	11-Eicosenoic acid, methyl ester	31.981	0.11
8	Docosanoic acid, methyl ester	37.181	0.19
9	Ricinoleic acid methyl ester	44.097	0.24
10	Squalene	45.472	0.74
11	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	50.620	3.49

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.

Ing. Fabian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
Teléf. (+593) 99 031 6224

EQUIPO	GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 A
DETECTOR	AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD
COLUMNA	Columna DB-WAXetr (60m x 0.250mm x 0.25µm)
MÉTODO CROMATOGRÁFICO	**Temperatura del inyector:** 210 °C; **Modo de inyección:** volumen de inyección: 1 µL Splitless; **Temperatura del detector:** 250 °C; **Programa térmico:** Temperatura del horno 180 °C durante 5 minutos, se incrementó de 180 °C a 200 °C a razón de 1.5 °C/min y finalmente se incrementó de 200 °C a 250 °C a razón de 3 °C/min durante 20 minutos. **Tiempo total de corrida**: 55 minutos

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Palmitic acid, methyl ester	17.741	15.63
2	Stearic acid, methyl ester	24.896	8.85
3	Oleic acid, methyl ester	25.780	31.37
4	Linoleic acid, methyl ester	27.414	37.65
5	Linolenic acid, methyl ester	29.322	0.36
6	Arachidic acid methyl ester	31.305	0.50
7	11-Eicosenoic acid, methyl ester	31.981	0.12
8	Docosanoic acid, methyl ester	37.182	0.20
9	Ricinoleic acid methyl ester	44.093	0.23
10	Squalene	45.476	0.79
11	Phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	50.629	4.28

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.

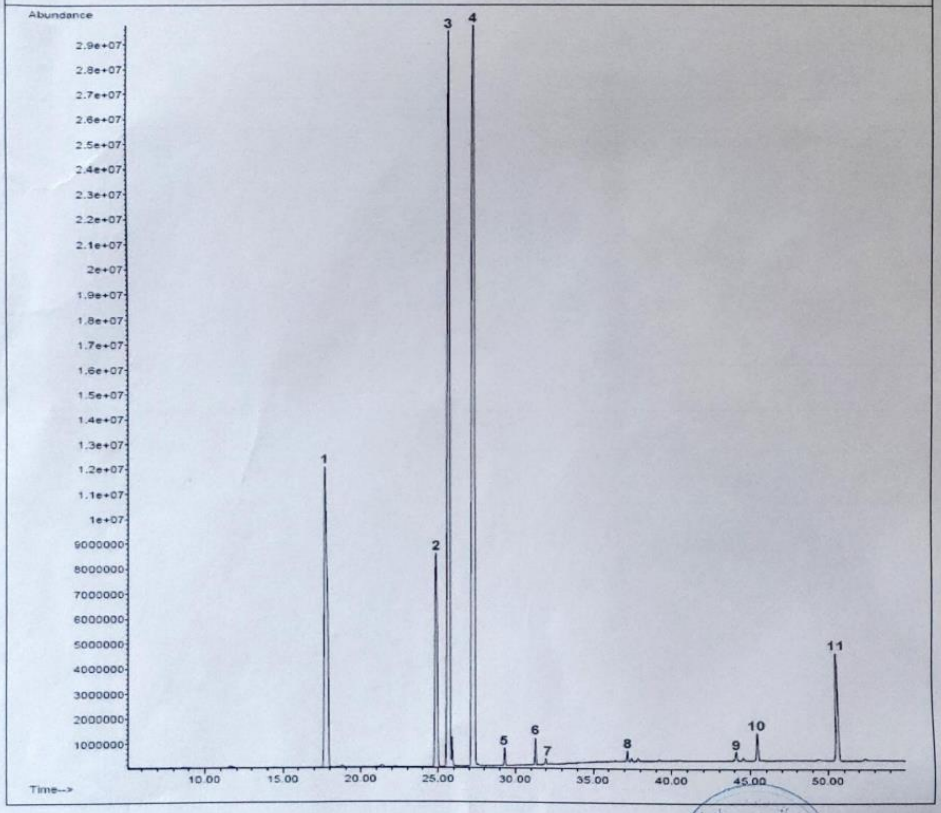


Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
Teléf. (+593) 99 031 6224

INFORME DE ENSAYOS N°231-2023

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Daicy Susana Gavilánez Paredes - Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano
Muestra	Aceite de semillas de sambo - T2
Código asignado UEB	INV 464
Estado de la muestra	Liquido
Envase de recepción	Botella ámbar con 1 L aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación de Ácidos grasos por GC/MSD
Fecha de recepción	27 de septiembre de 2023
Fecha de análisis	27 al 29 de septiembre de 2023
Fecha de informe	29 de septiembre de 2023
Técnico asignado	ECCR

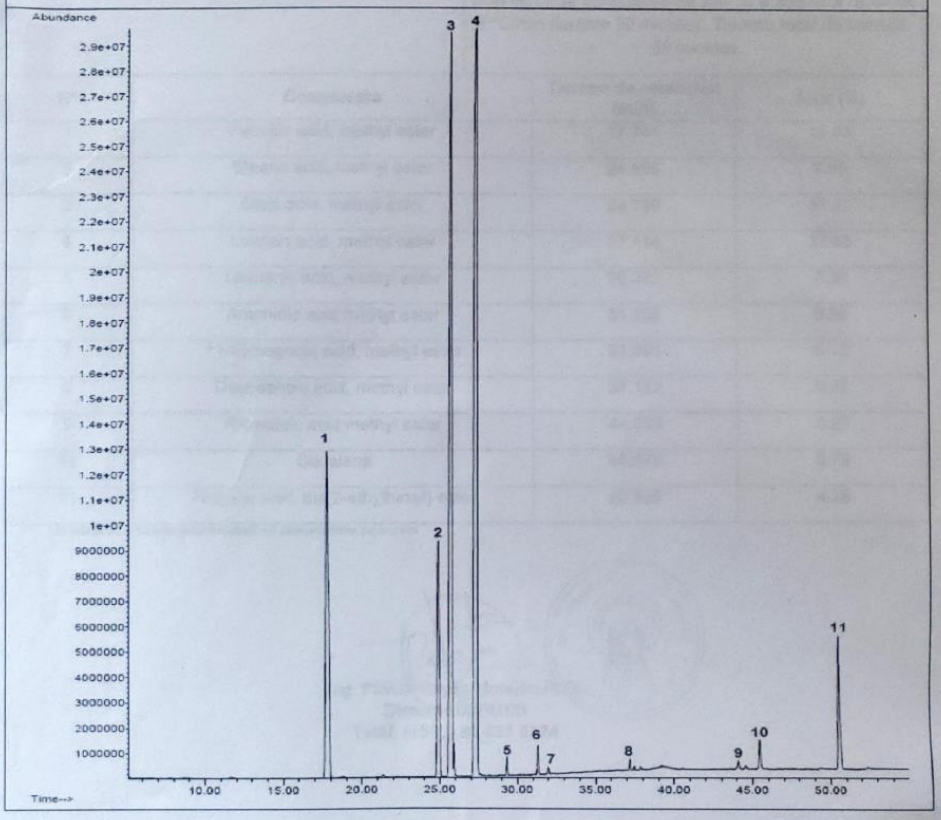
RESULTADOS OBTENIDOS



INFORME DE ENSAYOS N°230-2023

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Daicy Susana Gavilánez Paredes - Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano
Muestra	Aceite de semillas de sambo - T1
Código asignado UEB	INV 463
Estado de la muestra	Liquido
Envase de recepción	Botella ámbar con 1 L aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación de Ácidos grasos por GC/MSD
Fecha de recepción	27 de septiembre de 2023
Fecha de análisis	27 al 29 de septiembre de 2023
Fecha de informe	29 de septiembre de 2023
Técnico asignado	ECCR

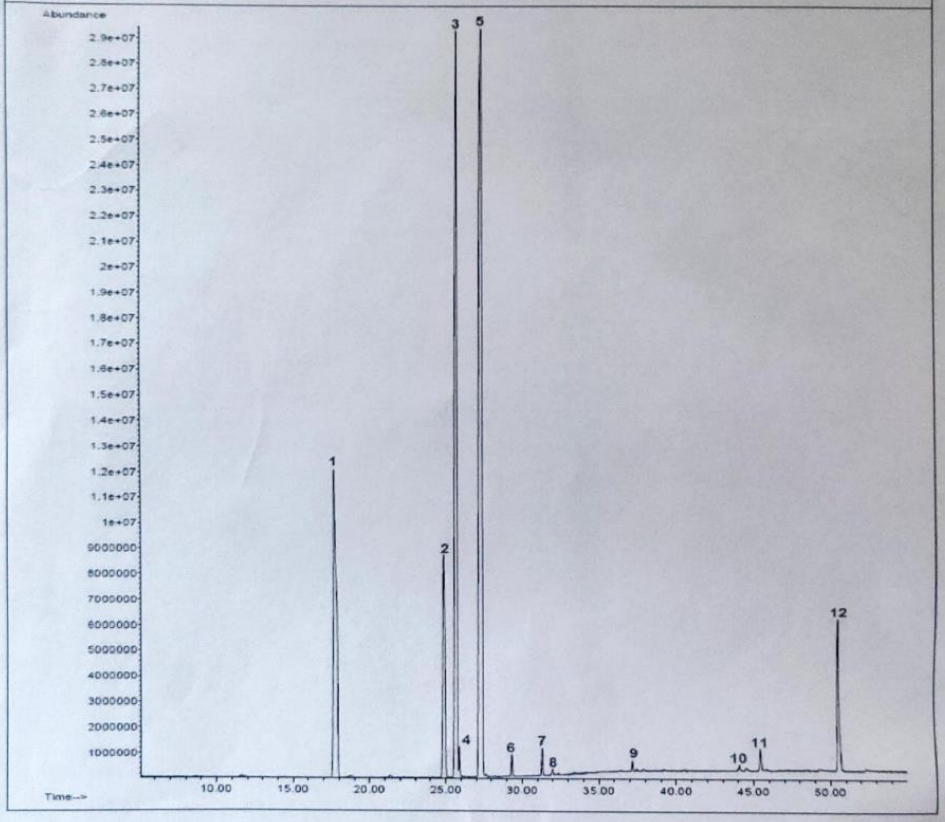
RESULTADOS OBTENIDOS



INFORME DE ENSAYOS N°232-2023

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Daicy Susana Gavilánez Paredes - Daysi Jacqueline Tixilema Caizaguano
Muestra	Aceite de semillas de sambo - T3
Código asignado UEB	INV 465
Estado de la muestra	Liquido
Envase de recepción	Botella ámbar con 1 L aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación de Ácidos grasos por GC/MSD
Fecha de recepción	27 de septiembre de 2023
Fecha de análisis	27 al 29 de septiembre de 2023
Fecha de informe	29 de septiembre de 2023
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



Anexo 4. Prensado de las semillas de sambo en el tornillo con presión de 60 kps a 950 kps



Prensa de tornillo



Colocación de semillas de sambo

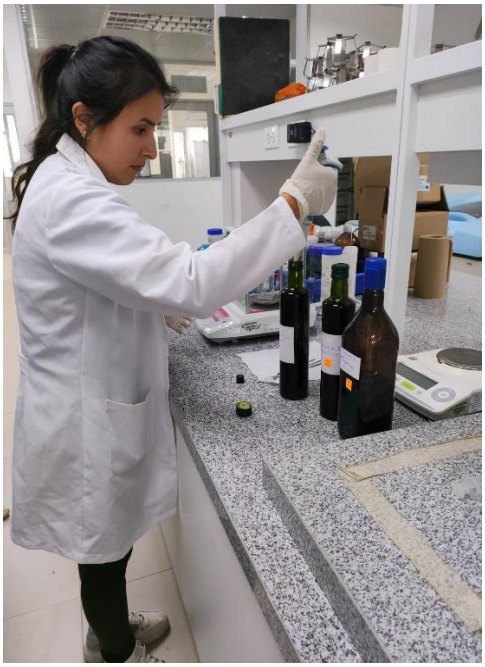


Programación de la temperatura



Programación de la presión 60 kps

Anexo 5. Proceso de refinado del aceite obtenido de semillas de sambo



Esterificación de las muestras



Preparación de las muestras



Medición de viscosidad por el método Brookfield



Análisis de la viscosidad del aceite

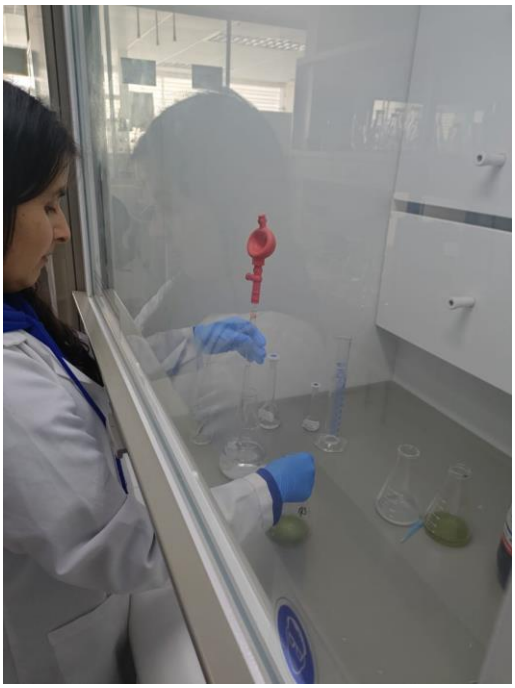
Anexo 6. Control de calidad del aceite obtenido de semillas de sambo



Preparación de las muestras



Pesado del reactivo (hidróxido de sodio)



Titulación con tiosulfato de sodio



Determinación de la acidez

Anexo 7. Glosario

Aceite comestible: Es un tipo de aceite vegetal o graso que está destinado para el consumo humano. Se obtiene principalmente de plantas como semillas, frutas o frutos secos, y puede ser utilizado en la cocina para cocinar, freír, aderezar ensaladas y otras aplicaciones culinarias.

Índice de acidez: Es una medida que indica la cantidad de ácidos grasos libres presentes en una sustancia grasa o aceite.

Lípidos: Los lípidos son un grupo diverso de moléculas orgánicas que incluyen grasas, aceites, fosfolípidos y esteroides.

Linoleico: El ácido linoleico es un ácido graso esencial de la familia de los ácidos grasos poliinsaturados omega-6.

Linolénico: El ácido alfa-linolénico es un ácido graso esencial de la familia de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3.

Monoinsaturados: Son un tipo de grasa saludable que contiene un solo enlace doble en su cadena de carbono.

Oleico: Es un ácido graso monoinsaturado que pertenece a la familia de los ácidos grasos omega-9.

Palmítico: Es un ácido graso saturado perteneciente a la familia de los ácidos grasos saturados.

Prensado en frio: El prensado en frío es un método de extracción de aceites y jugos que implica el procesamiento de materias primas sin aplicar altas temperaturas durante el proceso.

Peróxidos: Son compuestos químicos que contienen el grupo funcional oxígeno-oxygeno (-O-O-).

Perfil lipídico: Es un conjunto de pruebas de laboratorio que mide los niveles de diferentes lípidos en la sangre. Estos lípidos incluyen el colesterol total, lipoproteínas de baja densidad (LDL), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y triglicéridos.

Refinado: Es un proceso industrial aplicado a diversos productos, como aceites y alimentos, con el objetivo de mejorar la calidad y eliminar impurezas.

Sambo: El zambo o sambo, también puede referirse a una especie de enredadera trepadora de fruto comestible de la familia de las cucurbitáceas.

Saponificable: Es un proceso en el cual una sustancia, como una grasa o un aceite, reacciona con una base (como hidróxido de sodio o potasio) para formar jabón y glicerol.

Saturados: Los ácidos grasos saturados son un tipo de grasa en el que las cadenas de carbono están saturadas con átomos de hidrógeno, es decir, no tienen enlaces dobles entre los átomos de carbono.

Tiosulfato de sodio: El tiosulfato de sodio es una sal incolora compuesta por sodio, azufre y oxígeno, con la fórmula química Na2S2O3.

Triglicéridos: Son un tipo de grasa presente en el cuerpo humano y en muchos alimentos. Son la forma más común de almacenamiento de grasa en el tejido adiposo y constituyen una parte importante de la dieta.

Yoduro de potasio: Es una sal compuesta por yodo y potasio con la fórmula química KI.