

CIENCIA



**CIENCIA Y
MEDIO AMBIENTE**

**SCIENCE AND
ENVIRONMENT**



Valoración de semillas de sambo (*cucúrbita ficifolia* b.) Para extracción de aceite comestible: caracterización físicoquímica y optimización de procesos

Daicy Gaviláñez Paredes¹; Daysi Tixilema Caizaguano²; Angélica Tigre León³;
Favian Bayas Morejón⁴; Sebastián Guerrero Luzuriaga⁵; Byron Herrera Chávez⁶

Resumen

La investigación se centró en aprovechar las semillas de sambo (*Cucúrbita ficifolia* B.) para obtener aceite refinado comestible. Se realizó una revisión bibliográfica sobre la producción de sambo, características de la semilla y métodos de extracción mediante prensado de tornillo. Se estudió el proceso de refinamiento y la caracterización físicoquímica del aceite obtenido. Para lo cual, se utilizó un diseño factorial (3x2x2) para evaluar el efecto de la temperatura de calentamiento, el porcentaje de cloruro de sodio y ácido cítrico en el proceso de refinamiento. Las variables medidas incluyeron acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos y viscosidad. El contenido de grasa de la semilla fue del 46,15%, y el rendimiento de aceite obtenido fue del 28%. El análisis cromatográfico reveló la presencia de ácidos grasos como el oleico (31,33%), linoléico (38,57%) y palmítico (15,78%). Los parámetros de calidad del aceite sin refinar cumplían con las normativas INEN y NMX. Durante el refinamiento, se logró reducir el índice de peróxidos, mejorando la frescura y vida útil del aceite. Finalmente, el estudio concluyó que el aceite refinado de semilla de sambo presenta un nivel bajo de peróxidos, lo que garantiza su calidad y sabor.

Palabras clave: Semillas, sambo, aceite comestible, caracterización, físico químicas.

Evaluation of sambo seeds (*cucurbita ficifolia* b.) For edible oil extraction: physicochemical characterization and process optimization

Abstract

The research focused on the use of sambo seeds (*Cucurbita ficifolia* B.) to obtain refined edible oil. A bibliographic review was carried out on sambo production, seed characteristics and extraction methods by screw pressing. The refining process and the physicochemical characterization of the oil obtained were studied. For this, a factorial design (3x2x2) was used to evaluate the effect of the heating temperature, the percentage of sodium chloride and citric acid in the refining process. The variables measured included acidity, saponification index, peroxide index and viscosity. The fat content of the seed was 46.15%, and the oil yield obtained was 28%. Chromatographic analysis revealed the presence of fatty acids such as oleic (31.33%), linoleic (38.57%) and palmitic (15.78%). The quality parameters of the unrefined oil complied with INEN and NMX regulations. During the refining process, the peroxide index was reduced, improving the freshness and shelf life of the oil. Finally, the study concluded that refined sambo seed oil has a low level of peroxides, which guarantees its quality and flavour.

Keywords: Seeds, sambo, edible oil, characterization, physical chemistry.

Recibido: 25 de febrero de 2025

Aceptado: 24 de abril de 2025

¹ Cooperativa de producción, industrialización, comercialización Santa Fe COOPINCOSAN, CP: 020150, Guaranda, Ecuador, dagavilanez@ueb.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0004-6147-0628>

² Cooperativa de producción, industrialización, comercialización Santa Fe COOPINCOSAN, CP: 020150, Guaranda, Ecuador, datixilema@ueb.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9449-0220>

³ Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, CP: 020150, Guaranda, Ecuador, rtigre@ueb.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-2984-9457>

⁴ Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Vicerrectorado de Investigación y Vinculación, CP: 020150, Guaranda, Ecuador, fbayas@ueb.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-2920-7155>

⁵ Grupo de Investigación de Inocuidad y Valorización de Recursos Para la Agroindustria (INVAGRO), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Chimborazo, Km 1 ½ Vía Guano, Riobamba 060107, Ecuador, sguerrero@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9512-2307>

⁶ Grupo de Investigación de Inocuidad y Valorización de Recursos Para la Agroindustria (INVAGRO), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Chimborazo, Km 1 ½ Vía Guano, Riobamba 060107, Ecuador, bherrera@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-1116-9939>

*Autor por correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

El sambo (*Cucúrbita ficifolia* B) es una planta apreciada por sus frutos comestibles, que destacan por su sabor y versatilidad, además de sus posibles beneficios para la salud. La planta tiene hojas anchas y ovaladas, zarcillos, y frutos globulosos con semillas negras (Benítez, 2022). Su producción mundial en 2022 alcanzó 238 toneladas métricas, con México, España y Filipinas liderando los cultivos (Cepeda, 2021). En Ecuador, las principales provincias productoras son Azuay, Bolívar, y Chimborazo, entre otras, con una producción anual de 2103 toneladas (Arévalo & Reátegui, 2020).

La provincia de Bolívar es la mayor productora de sambo en Ecuador, especialmente en Guanujo, Chimbo y San Miguel, donde se registran cosechas de hasta 1 015 toneladas al año. De este total, el 7% corresponde al peso de las semillas, equivalente

a 75 toneladas (Alvarez, 2019; ESPAC, 2021). En condiciones óptimas de cultivo, como las áreas elevadas entre 1 000 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, una planta puede producir hasta 50 frutos (Cepeda, 2021).

Producción del sambo en el Ecuador

La ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua), señala que en el Ecuador el cultivo de *Cucúrbita ficifolia* 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, En donde la provincia Bolívar es la que presenta mejores condiciones para el cultivo (Cepeda, 2021).

Tabla 1. Resultados de búsqueda

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	2 103

Nota. Tomado de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, por (ESPAC, 2021).

Las semillas de *Cucurbita ficifolia*, conocidas como chilacayote o calabaza de higuera, son planas y ovaladas, con colores que varían entre marrón y beige (Hernández et al., 2020). Son ricas en proteínas, grasas saludables, fibra, vitaminas y minerales, además, es muy reconocida por sus propiedades medicinales, especialmente en el tratamiento de la inflamación prostática (Rosario, 2019).

Así también, las semillas de sambo son consumidas crudas o tostadas, y se integran en diversas preparaciones culinarias. Se emplean en la producción de diversos 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; Hernández et al., 2020).

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 (tabla 2).

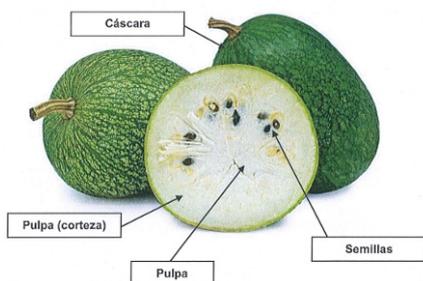


Figura 1. Anatomía de la *Cucúrbita ficifolia* B.

Tabla 2. Composición química de la semilla del sambo

Composición	Calabaza	Sambo
Energía (Kcal)	32.00a	-
Agua (%)	5.90a	8.40b
Proteína (g)	21.60a	34.47b
Fibra (g)	1.70a	2.30b
Grasa (g)	32.60a	35.60b
Calcio (mg)	31.20a	-
Hierro (mg)	6.80a	-
Fósforo (mg)	0.07a	-

Nota. Componentes principales de la semilla de sambo por cada 100g de muestra, (Balbín, 2018; Montenegro et al., 2023).

Los aceites y grasas vegetales están compuestos principalmente por triglicéridos, que son ésteres formados por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol (Ramírez, 2018). Estos compuestos son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos no polares. Aunque son esenciales en la dieta, su consumo excesivo puede aumentar el contenido calórico (Vega, 2023).

Para la extracción de aceite, se emplean dos métodos principales: la extracción mecánica (por presión), recomendada para semillas con más del 20% de grasa, y la extracción con disolventes, que utiliza hidrocarburos volátiles purificados (Corsini, 2020).

La extracción de aceite comestible, como menciona Rosquete (2019), incluye prensado o extracción de aceites de materias vegetales, seguido de refinación y filtración. Según el método de extracción, el aceite puede variar en sabor, color y contenido nutricional, para lo cual, se establecen algunos métodos de extracción:

Prensado en frío: Utilizado para semillas o frutos oleaginosos, sin aplicar calor, conservando mejor los nutrientes y sabor (Cuchipec, 2023).

Extracción con solventes: Utiliza hexano para disolver y extraer aceite, aunque requiere eliminación del solvente (Rodríguez, 2022).

Prensado en caliente: Las semillas se calientan antes del prensado, aumentando la eficiencia, pero afectando la calidad por la degradación térmica (Ruiz, 2022).

Hidroextracción: Utiliza agua o vapor para

extraer aceite, conservando mejor los compuestos nutricionales (Ramírez et al., 2023).

Prensado de tornillo: Este es un método común y eficiente para semillas oleaginosas, produce aceites de alta calidad con menos residuos químicos (Zambrano, 2019).

Tras la extracción del aceite de semillas es muy recomendable la refinación, esto dado a que el aceite refinado ofrece ventajas como mayor estabilidad y durabilidad al eliminar impurezas, lo que prolonga su vida útil y reduce la oxidación de este producto. Sin embargo, la refinación también puede disminuir ciertos nutrientes y compuestos bioactivos presentes en el aceite crudo (Cagua, 2020; Sánchez, 2020).

De tal manera que dentro de los parámetros de calidad los aceites comestibles deben cumplir con normativas y condiciones específicos de calidad. Los aceites crudos derivados de oleaginosas deben refinarse, ya sea por métodos químicos o físicos, y pueden mezclarse para obtener aceite vegetal comestible antes o después de la deodorización, los parámetros se muestran en la siguiente tabla (NMX-F-808-SCFI, 2018).

Tabla 3. Evaluación de la calidad de los aceites

Definición	Mínimo	Máximo	Método
Densidad (kg/m ³)	0.84	0.96	NMX-F-116-SCFI-2012
Índice de acidez (mg)	17	18	NMX-F-211-SCFI-2006
Índice de peróxidos (mEq O ₂ /kg)	12	16	NMX-F-154-SCFI-2010
Índice de saponificación (Ml/g)	179.2	189.3	NMX-F-154-SCFI-2010
Impurezas insolubles (%)	-	0.2	NMX-F-215-SCFI-2006
Viscosidad (cP)	0.32	0.62	NMX-F-116-SCFI-2012
pH ^b	4.75	4.79	NMX-F-116-SCFI-2012
Ácidos grasos trans. (%)	-	3.5	NMX-F-089-SCFI-2008
Ácido titulable (%)	0.65	0.85	NMX-F-211-SCFI-2006

Nota. Modificado y comprobado por Chaves et al. (2020); Montenegro et al. (2023).

Clasificación de los aceites

Los aceites se pueden clasificar de la siguiente manera:

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).

Según la composición de ácidos grasos: *Saturados* (contienen predominantemente ácidos grasos saturados estos están presentes en el aceite de coco, aceite de palma) (Vaillant, 2018); *Monoinsaturados* (ricos en ácidos grasos monoinsaturados, como el 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); *Aceites no refinados o vírgenes* (no pasan por procesos intensivos de refinamiento y mantienen más de sus componentes originales) (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).

Con todo este antecedente, la presente investigación tiene como finalidad aportar una nueva alternativa al aprovechamiento de las semillas de Cucurbita ficifolia en la obtención de un aceite refinado con propiedades como proteínas, grasas saludables, fibra, vitaminas y minerales beneficiosas para la salud humana.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación en cuanto a la extracción del aceite se desarrolló en las

instalaciones del Laboratorio General de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, mientras que los análisis físico químicos y cromatográficos se realizaron en el laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Factores de estudio

En la presente investigación se consideraron tres factores en la investigación: temperatura de calentamiento del aceite (A, tres niveles), porcentaje de cloruro de sodio en el refinado (B, dos niveles) y porcentaje de ácido cítrico para inhibir peróxidos en el refinado (C, dos niveles).

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, como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Combinación de los factores con los niveles

Tratamiento	Código	Niveles		
		Factor A	Factor B	Factor C
1	a ₁ b ₁ c ₁	75°C	5%	1%
2	a ₁ b ₁ c ₂	75°C	5%	1,5%
3	a ₁ b ₂ c ₁	75°C	8%	1%
4	a ₁ b ₂ c ₂	75°C	8%	1,5%
5	a ₂ b ₁ c ₁	80°C	5%	1%
6	a ₂ b ₁ c ₂	80°C	5%	1,5%
7	a ₂ b ₂ c ₁	80°C	8%	1%
8	a ₂ b ₂ c ₂	80°C	8%	1,5%
9	a ₃ b ₁ c ₁	85°C	5%	1%
10	a ₃ b ₁ c ₂	85°C	5%	1,5%
11	a ₃ b ₂ c ₁	85°C	8%	1%
12	a ₃ b ₂ c ₂	85°C	8%	1,5%

Variables respuesta

En la investigación, se consideraron las variables de: Índice de acidez; Índice de peróxido; Viscosidad; Reconocimiento saponificable y aceptabilidad (análisis sensorial)

Tipo de diseño experimental

Se empleó un diseño en arreglo factorial con tres factores AxBxC (3x2x2) con 3 repeticiones. Se realizó un análisis de rangos múltiples mediante el método de Tukey para seleccionar el tratamiento óptimo.

Caracterización fisicoquímica de la materia prima.

Para la caracterización se aplicaron los siguientes análisis: Humedad (conforme la normativa AOAC 925.10); Grasa (método AOAC 2003.06); Ceniza: (método AOAC 923.03) y Fibra (método WEENDE).

Obtención de aceite comestible de semilla de sambo.

En el diagrama que se muestra en la figura dos se establece el protocolo desarrollado en la obtención de aceite de semilla de sambo:

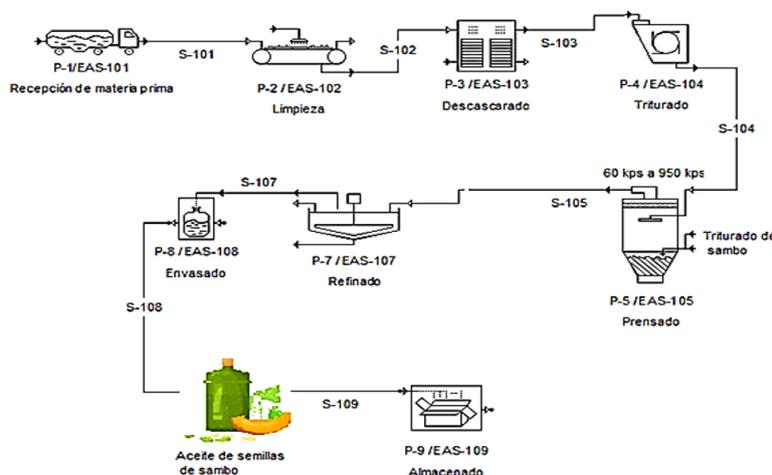


Figura 2. Diagrama de proceso para la extracción de aceite de sambo

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.

Determinación del refinado del aceite mediante perfil lipídico

En el refinado del aceite se siguió el siguiente protocolo:

Preparación de la muestra: Se utilizó 4 µL de aceite de semilla de sambo en viales ámbar para cromatografía.

Inyección de la muestra: Se añadió 1 mL de solución estándar de nonano y ciclohexano, preparada con 10 µL de nonano y ciclohexano en un balón de 10 mL, con un peso de 7 mg.

Separación de los componentes: Se inyectó 1 µL de la muestra en modo 80 Split a 230 °C, con un horno a 50 °C durante 3 minutos y una rampa de temperatura de 3 °C/min hasta 230 °C.

Detección de los componentes separados: Los componentes se detectaron al salir de la

columna mediante un detector adecuado.

Análisis de los datos: Los datos del detector se registraron y analizaron con software especializado para identificar y cuantificar los componentes presentes.

Determinación del control de calidad del aceite obtenido

la determinación de la calidad del aceite obtenido se realizó mediante la medición de los siguientes parámetros:

Índice de acidez, esto de acuerdo a la norma INEN 0038 (*Preparación* “Se duplicó la prueba con 300 cm³ de mezcla alcohol-éter y se añadió 1 cm³ de solución indicadora”; *Titulación* “Se agregó solución 0,1 N de hidróxido de sodio o potasio hasta obtener un color rosado persistente”; *Pesaje* “Se pesaron 5-10 g para productos crudos o 50-60

g para productos refinados”; Neutralización “Se añadieron 100 cm³ de mezcla alcohol-éter y se tituló nuevamente hasta el punto final”; *Ajustes* “Si el volumen de solución 0,1 N excedía 20 cm³, se usaba solución 0,5 N”). Los cálculos se realizaron conforme la formula establecida en la normativa.

Viscosidad, se evaluó según la normativa INEN 0038, en donde se midió el tiempo de flujo de un volumen constante del líquido a través de un viscosímetro. Los cálculos se realizaron mediante la aplicación de la formula establecida en la normativa.

Índice de peróxidos, se determinó siguiendo la norma INEN 277. Se pesó una muestra de aproximadamente 5 g, se trató con ácido acético y cloroformo, y se tituló con tiosulfato de sodio. Los cálculos se realizaron conforme la fórmula establecida en la normativa.

Reconocimiento saponificable

Se realizó según la norma INEN 40-1973, para lo cual se pesó entre 2 g y 3 g de muestra, se trató con solución etanólica de KOH y se hirvió. Luego, se tituló el exceso de KOH. Los cálculos se realizaron conforme la fórmula establecida en la normativa.

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.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físicos y químicos de la pepa de sambo

Se detallan los datos obtenidos del análisis físico-químico de la semilla de sambo,

Tabla 5. Valores promedios de humedad, ceniza, grasa y fibra de la pepa de sambo

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

La tabla 5 muestra los resultados promedio de humedad, ceniza, grasa y fibra en la semilla de sambo. El contenido de humedad fue superior a lo reportado por Guartanza (2023) y Zambrano (2019), quienes obtuvieron 4,15% y 5,35%, respectivamente, pero inferior al 92,96% reportado por Álvarez (2019). La cantidad de ceniza fue mayor que los valores de 5,29% y 5,33% mencionados por Balbín (2018) y Guartanza (2023) respectivamente. El contenido de grasa fue de cercano al 42,37% descrito por Zambrano (2019), pero muy superior al 20,13% de Álvarez (2019). En cuanto a la fibra, la semilla de sambo presentó un valor notablemente mayor que los 8,6% reportados por Quiñonez & Toapanta (2019), y de 3,79% y 3,14% de Álvarez (2019) y Balbín (2018) respectivamente.

Al comparar los resultados con la normativa INEN NTE 2570:2011, se observa que los valores de humedad, cenizas, grasa y fibra están dentro de los rangos establecidos. Las diferencias encontradas en comparación con otros estudios pueden atribuirse a los métodos de análisis, condiciones del cultivo y factores edafoclimáticos como suelo, clima, agua y luz.

Obtención del aceite de pepa de sambo

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

Tabla 6. Parámetros de obtención del aceite de pepa de sambo

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

La tabla 6 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.

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 7. 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
Estearico	8,85	Estearico	8,64	Estearico	8,64
Oleico	31,37	Oleico	31,33	Oleico	31,06
Linoleico	37,65	Linoleico	38,57	Linoleico	37,31
Linolenico	0,36	Linolenico	0,38	Linolenico	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 7 muestra que los ácidos grasos más abundantes en el aceite de semilla de sambo son ácido oleico, linoleico, linolénico y palmítico. Yahay et al. (2021) reportaron valores similares para estos compuestos en el aceite de oliva, mientras que Campos et al. (2020) encontraron niveles más bajos en el aceite extra virgen de oliva. Albrahim et al. (2022) observaron valores variados en el aceite de palma. Comparado con estos aceites, el perfil lipídico del aceite de pepa de sambo es similar, lo

que resalta el valor de aprovechar sus semillas para la producción de aceites saludables.

Parámetros de control de calidad para el aceite obtenido

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

Tabla 8. Valores de parámetros de calidad del aceite esencial

Tratamiento	Acidez (%)	Saponificación (mL/g)	Peróxido (mL/g)	Viscosidad (cP)	Densidad (g/mL)
1	0,5647	139,0090	1,8663	0,3925	0,85
2	0,6990	143,2975	4,5994	0,4329	0,91
3	0,7118	135,5490	7,3990	0,2807	0,90

La tabla 8 muestra los parámetros de control de calidad del aceite de pepa de sambo, como acidez, saponificación, peróxidos, densidad y viscosidad. Comparado con la Normativa INEN NTE 038, la acidez (0.65%-0.85%), índice de saponificación (126.2-159.3 mL/g), peróxidos (3.7-12.6 mL/g), densidad (0.84-0.96 g/mL) y viscosidad (0.32-0.62 cP) están dentro de los rangos permitidos. El índice de peróxidos mide la oxidación del aceite, mientras que la acidez refleja el contenido de ácidos grasos libres, indicando calidad. La viscosidad baja

sugiere pureza y estabilidad del aceite, ideal para aplicaciones industriales, alimenticias y cosméticas que requieren una viscosidad constante.

Índice de peróxido de los tratamientos

Tras el análisis se demostró que los factores en estudio tienen diferencia altamente significativa, se ejecutó pruebas de rangos múltiples por el método de diferencia mínima significativa (LSD) para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor B y Factor C.

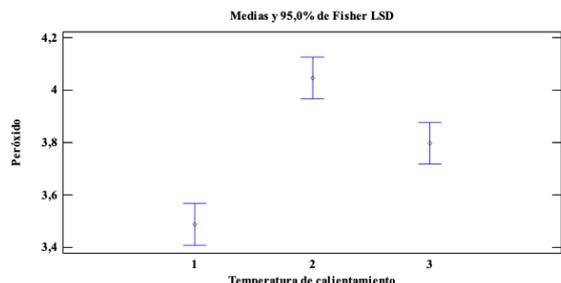


Figura 3. Medias del factor A en el contenido de peróxidos

En la figura 3 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 mayor valor de peróxidos de 4,0466.

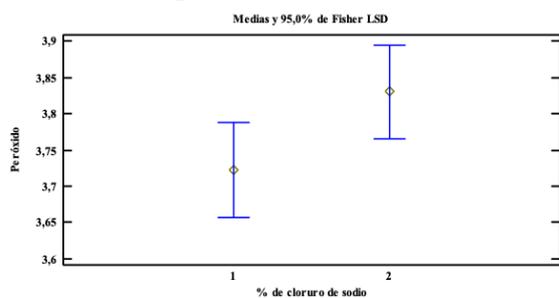


Figura 4. Medias del factor B en el contenido de peróxidos

En la figura 4 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 de 3,8303 y el nivel b_1 un valor de 3,7226.

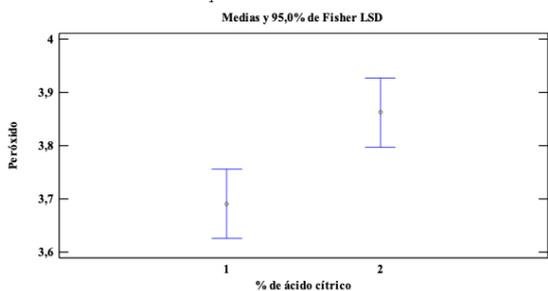


Figura 4. Medias del factor C en el contenido de peróxidos

En la 5 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 3,8626 en la concentración de peróxidos

Tabla 9. Medias de los tratamientos

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	2	3,158	A
3	2	3,396	AB
2	2	3,590	BC
9	2	3,597	BC
7	2	3,796	CD
12	2	3,797	CD
10	2	3,797	CD
4	2	3,798	CD
6	2	3,996	DE
11	2	3,997	DE
5	2	4,196	E
8	2	4,197	E

La tabla 9 muestra la prueba de medias para el índice de peróxidos en el aceite de pepa de sambo, identificando cinco grupos homogéneos. El tratamiento 1, con la combinación de 75°C, 5% de cloruro de sodio y 1% de ácido cítrico, presentó el valor más bajo de peróxidos (3,158), lo que indica excelente calidad del aceite. Comparado con Guartanza (2023) y Campos et al. (2020), quienes reportaron valores superiores en aceites de sambo y oliva, respectivamente, se concluye que un bajo índice de peróxidos es clave para garantizar la frescura y calidad del aceite, evitando su oxidación.

IV. CONCLUSIONES

El análisis físico-químico de la pepa de sambo mostró valores favorables en humedad, ceniza, grasa y fibra, confirmando que la materia prima es adecuada para la producción de aceite comestible de alta calidad.

El aceite de la semilla de sambo refinado bajo condiciones controladas (temperatura, cloruro de sodio y ácido cítrico) presentó bajos índices de peróxidos, lo que mejoró su calidad, sabor y vida útil, comparable a aceites como el de oliva y palma.

AGRADECIMIENTO: Los autores agradecemos a la Universidad Estatal de Bolívar,

que, a través de los laboratorios de Investigación, Laboratorio General de la Fac. de Agropecuarias, a la Fundación Salesiana Salinas y a la Cooperativa de ahorro y crédito San José Ltda., han permitido el desarrollo del presente trabajo.

V. 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>
- 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>
- 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 del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4368/Balbin%20Ch.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benítez Solís, E. del R. (2022). *Evaluación del rendimiento 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/server/api/core/bitstreams/9ed47abc-be12-4aa2-992e-562667ccd165/content>
- 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* [Universidad de las Américas]. <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., & Marchant, 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>
- Cepeda Calero, J. L. (2021). *Caracterización de yogurt tipo III con la adición de mermelada de sambo (Cucurbita ficifolia Bouché) como edulcorante* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <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>
- Corsini Bravo, F. S. (2020). *Diseño de proceso de refinamiento de aceite de canola en la Planta Aven-sur* [Universidad de Chile]. <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>
- Cuchiye Chacha, C. I. (2023). *Extracción por prensado en frío 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.ecuadorcifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
- 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>
- Guartanza Loja, J. L. (2023). *Extracción de aceite a par-*

- tir 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_GuartzanzaLoja.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.
- Montenegro Bonilla, D. M., Flores Flores, N. L., Rodríguez 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>
- Montenegro Bonilla, D. M., Flores Flores, N. L., Rodríguez 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>
- NMX-F-808-SCFI. (2018). Alimentos—Aceite vegetal comestible—Especificaciones. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-808-scfi-2018/>
- 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.v11i-Especial.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.]. https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/369/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20propiedades%20fisicoqu%C3%admicas%20de%20aceites%20y%20grasas%20residuales%20potenciales%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biocombustibles_rees.pdf
- 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://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_71e3254f6f18a0e9f76b95983e4d820e
- 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#.Xzx-J4aqhl>
- Tovar Tobar, K. A. (2022). Estudio de factibilidad técnica económica para la elaboración de balanceado a base de harina de sambo para cerdos en el cantón Latacunga. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9215>
- 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>
- 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/item/c83da082-210d-4bee-8167-1630db1d1336>
- 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 sambo (*Cucurbita Ficifolia B*) y semillas de girasol (*Helianthus Annuus L*) [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5444>