UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) DEL DISTRITO CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FIORELLA ASTRID, PAJUELO ALVARADO

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **FIORELLA ASTRID PAJUELO ALVARADO**, denominada: **"EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) DEL DISTRITO CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI"**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL.**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo de **(18) DIECIOCHO.**

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL,** de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 05 de febrero del 2024.

Dr. Fernando Pérez Leal
Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc.
Secretario

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.
Miembro

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Fernando Pérez Leal ..... Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc. ..... Secretario

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc. ..... Miembro

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc. ..... Asesor

Bach. Fiorella Astrid Pajuelo Alvarado ..... Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0018-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DE ASAÍ (Euterpe oleracea Mart.) DEL DISTRITO CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI**"

Autor(es)	:	**PAJUELO ALVARADO, FIORELLA ASTRID**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. VICENTE SANTA CRUZ, EDGAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 25/01/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ...Fiorella Astrid Pajuelo Alvarado.....

Autor de la tesis titulada : ..."Extracción y caracterización Fisicoquímica del aceite de pulpa y semilla de asaí (Euterpe oleracea Mart.) del distrito Campo Verde, región Ucayali"..... .....

Sustentada el año....2024.....

Asesor(a): .....Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.....

Facultad: ....Ciencias Agropecuarias.....

Escuela Profesional: ....Ingeniería Agroindustrial.....

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 02 / 2024

Email: fioastrid19@gmail.com Firma: _____

Teléfono: 945294617 DNI: 72958557

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la vida, por guiar mi camino, por darme salud y fuerza necesaria para culminar este trabajo de investigación y permitirme escribir estas palabras. Alegría.

A mi madre Yessenia, a mi padre Alberto, a mis hermanos Jean Franco, Thiago y Bella, por siempre estar conmigo en este camino llamado vida y mejorarla con su amor inmenso.

A mi querida mamá Goda y querido papá Luis, que, a pesar de la distancia, me brindan su apoyo incondicional, sintiéndolos tan cerca; calor de familia.

A ti Alexander, por siempre confiar en mí, apoyándome en mis decisiones, alentarme a crecer profesionalmente y acompañarme en este proceso; por nosotros.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por abrirme las puertas de esta prestigiosa casa superior y brindarme la oportunidad de forjar mi futuro profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por impartir sus enseñanzas, sus experiencias y valores, que contribuyeron en mi formación académica.

Al Ing. M.Sc. Edgar Vicente Santa Cruz, por su compromiso, su calidad de respuestas y predisposición para orientarme en cada etapa, su apoyo como asesor ha sido fundamental para el éxito de esta tesis.

Al Ing. Eric Graña Sandoval, Ing. José Antonio Paredes Amasifuen, Ing. Ader Martín Guerra Ríos, Sr. Lindolfiz Luna Berette y a la Sra. Julia Satomi Hashiguchi, por ser partícipes en la ejecución de este trabajo de investigación, brindándome consejos y permitiéndome el acceso a los laboratorios.

A mi familia, quienes me inspiran con su ejemplo de perseverancia, trabajo y nobleza, son mi motivación para seguir avanzando y mejorar día a día, en lo personal y profesional, buscando siempre contribuir con la mejora de nuestra sociedad.

A la vida, al universo por colocar a las personas, situaciones y experiencias que me han ayudado a convertirme en quien soy ahora. Todo se transforma, todo vuelve; gracias.

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

LISTA DE CUADROS xiv

LISTA DE FIGURAS xvii

LISTA DE ANEXOS xviii

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 2

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 2

2.1.1 Antecedentes internacionales 2

2.1.2 Antecedentes nacionales 6

2.2 GENERALIDADES DEL ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) 8

2.2.1 Hábitat y distribución geográfica 9

2.2.2 Clasificación taxonómica 9

2.2.3 Descripción botánica 10

2.2.4 Poscosecha 11

2.2.5 Valor nutricional y componentes bioactivos 12

2.2.6 Usos 15

2.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE 16

2.3.1 Extracción por prensado en frío 17

2.3.2 Extracción por Soxhlet 18

III. MATERIALES Y MÉTODOS 19

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN 19

3.2 MATERIA PRIMA 19

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS 20
3.3.1 Materiales y equipos de proceso 20
3.3.2 Materiales de laboratorio 21
3.3.3 Equipos de laboratorio 21
3.3.4 Reactivos 21
3.3.5 Indumentaria 22
3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL 23
3.4.1 Proceso de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí 23
3.4.2 Descripción de las operaciones de proceso de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí 24
3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS 28
3.5.1 Caracterización biométrica 28
3.5.2 Humedad 28
3.5.3 Rendimiento de extracción de aceite 28
3.5.4 Análisis fisicoquímicos 29
3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN 30
3.6.1 Diseño experimental 30
3.6.2 Factor de estudio 31
3.7 MÉTODO ESTADÍSTICO 32
3.7.1 Método de Tukey 32
3.7.2 Tratamientos 32
3.7.3 Análisis estadístico 33
3.7.4 Población 33
3.7.5 Muestra 33
3.8 Variables independientes y dependientes 33

3.8.1 Variable independiente 33
3.8.2 Variable dependiente 33
IV. RESULTADOS 35
4.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LOS FRUTOS DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) 35
4.2 HUMEDAD DE LOS FRUTOS DE ASAÍ 36
4.3 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ASAÍ POR MÉTODO: PRENSADO EN FRÍO Y SOXHLET 37
4.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DEL FRUTO ASAÍ 39
4.4.1 Análisis de densidad 39
4.4.2 Humedad 42
4.4.3 Índice de acidez 44
4.4.4 Índice de peróxido 47
4.4.5 Índice de saponificación 49
4.4.6 Índice de yodo 52
4.4.7 Polifenoles totales 54
V. DISCUSIONES 58
5.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LOS FRUTOS DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) 58
5.2 HUMEDAD DE LOS FRUTOS DE ASAÍ 58
5.3 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ASAÍ POR MÉTODO: PRENSADO EN FRÍO Y SOXHLET 59
5.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DEL FRUTO ASAÍ 60

5.4.1 Análisis de densidad 60
5.4.2 Humedad 61
5.4.3 Índice de acidez 62
5.4.4 Índice de peróxido 63
5.4.5 Índice de saponificación 64
5.4.6 Índice de yodo 65
5.4.7 Polifenoles totales 66
VI. CONCLUSIONES 68
VII. RECOMENDACIONES 70
VIII. LITERATURA CITADA 71
IX. ANEXO 77

RESUMEN

La presente tesis tuvo como propósito la extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de pulpa y semilla de asaí *(Euterpe oleracea* Mart.), los frutos fueron recolectados del distrito Campo Verde, Ucayali. Se ejecutó en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali, donde se acondicionó los frutos y se procedió a extraer el aceite, por los métodos M_1: prensado en frío y M_2: Soxhlet (etanol). Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 2 métodos de extracción de aceite de pulpa de asaí y 3 repeticiones. Los resultados en las características biométricas del fruto, presentó una longitud 1,80 cm, diámetro 1,61 cm y peso 2,33 g; se determinó que la pulpa constituye el 29 % y la semilla el 71 %, del peso total del fruto. El mayor rendimiento de aceite de pulpa de asaí presentó el M_2 con 32,80 % y la extracción de aceite de semilla (oleorresina) por M_2 fue 16 %. De los análisis fisicoquímicos del aceite de pulpa de asaí, se determinó que el M_1 presenta mejores características con una densidad 0,9092 g/mL, humedad 0,1884 %, índice de acidez 0,5437 mg NaOH/g, índice de peróxido 2,0895 meqO_2/Kg, índice de saponificación 165,86 mg KOH/g e índice de yodo 70,8651 g I_2/100 g. La oleorresina obtenida por M_2, presentó una densidad 1,1531 g/mL, humedad 4,9189 %, índice de acidez 9,0591 mg NaOH/g, índice de peróxido 5,0702 meqO_2/Kg, índice de saponificación 245,9067 mg KOH/g e índice de yodo 130,4583 g I_2/100 g. El aceite de pulpa de asaí por M_2 presentó mayor contenido de polifenoles totales (6 583 mg EAG/100 g), que el M_1 (1 065 mg EAG/100 g).

Palabras clave: Asaí, extracción de aceite, caracterización fisicoquímica y polifenoles totales.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was the extraction and physicochemical characterization of the pulp and seed oil of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), the fruits were collected from the Campo Verde district, Ucayali. It was carried out in the laboratories of the professional school of Agroindustrial Engineering of the National University of Ucayali, where the fruits were conditioned and the oil was extracted, using methods M_1: cold pressing and M_2: Soxhlet (ethanol). A completely randomized design (DCA) was applied with 2 methods of oil extraction from açaí pulp and 3 repetitions. The results in the biometric characteristics of the fruit, had a length of 1,80 cm, diameter of 1,61 cm and weight of 2,33 g; It was determined that the pulp constitutes 29 % and the seed 71 % of the total weight of the fruit. The highest yield of acai pulp oil was presented by M_2 with 32,80 % and the extraction of seed oil (oleoresin) by M_2 was 16 %. From the physicochemical analyzes of the açaí pulp oil, it was determined that M_1 has better characteristics with a density of 0,9092 g/mL, humidity 0,1884%, acidity index 0,5437 mg NaOH/g, peroxide index 2,0895 meqO2/Kg, saponification index 165,86 mg KOH/g and iodine index 70,8651 g I_2/100 g. The oleoresin obtained by M_2 had a density of 1,1531 g/mL, humidity 4,9189 %, acidity value 9,0591 mg NaOH/g, peroxide value 5,0702 meqO2/Kg, saponification value 245,9067 mg KOH/g and iodine value 130,4583 g I_2/100 g. The açaí pulp oil by M_2 presented a higher content of total polyphenols (6 583 mg EAG/100 g) than M_1 (1 065 mg EAG/100 g).

Keywords: Açaí, oil extraction, physicochemical characterization and total polyphenols.

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Taxonomía del asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 10

Cuadro 2. Composición proximal del fruto asaí..... 12

Cuadro 3. Contenido de minerales de pulpa fresca de asaí 13

Cuadro 4. Composición de ácidos grasos del aceite de pulpa de asaí 13

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANVA) para DCA..... 30

Cuadro 6. Factor de estudio..... 31

Cuadro 7. Características biométricas de los frutos de asaí 35

Cuadro 8. Humedad de los frutos de asaí..... 36

Cuadro 9. Rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí 37

Cuadro 10. Densidad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción..... 39

Cuadro 11. Comparación múltiple de Tukey de la densidad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)..... 40

Cuadro 12. Densidad de oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet..... 41

Cuadro 13. Contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción..... 42

Cuadro 14. Comparación múltiple de Tukey del contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)..... 43

Cuadro 15. Contenido de humedad de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet..... 44

Cuadro 16. Índice de acidez del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción..... 45

Cuadro 17. Comparación múltiple de Tukey del índice de acidez del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 45
Cuadro 18. Índice de acidez de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet 46
Cuadro 19. Índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción 47
Cuadro 20. Comparación múltiple de Tukey del índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 48
Cuadro 21. Índice de peróxido de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet 49
Cuadro 22. Índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción 50
Cuadro 23. Comparación múltiple de Tukey del índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 50
Cuadro 24. Índice de saponificación de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet 51
Cuadro 25. Índice de yodo del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción 52
Cuadro 26. Comparación múltiple de Tukey del índice de yodo del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 53
Cuadro 27. Índice de yodo de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet 54
Cuadro 28. Contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción 55

Cuadro 29. Comparación múltiple de Tukey del contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)..... 56
Cuadro 30. Contenido de polifenoles totales de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet 57

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación de talleres especializados de Ingeniería Agroindustrial.... 19

Figura 2. Ubicación de empresa Campodrim S.A.C..... 20

Figura 3. Diagrama de bloques para la extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método prensado en frío y Soxhlet..... 23

Figura 4. Rendimiento de pulpa y semilla de los frutos de asaí 36

Figura 5. Rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí..... 38

Figura 6. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para densidad del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción..... 41

Figura 7. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción..... 43

Figura 8. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de acidez del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción 46

Figura 9. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción 48

Figura 10. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción..... 51

Figura 11. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de yodo del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción 53

Figura 12. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu..... 54

Figura 13. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción 56

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Métodos de análisis fisicoquímicos del aceite..... 78

Anexo 2. Base de datos de las características biométricas de los frutos frescos de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)..... 85

Anexo 3. Gráfica de probabilidad normal de los análisis fisicoquímicos 87

Anexo 4. Análisis de varianza (ANOVA) 87

Anexo 5. Galería fotográfica de ejecución de tesis 90

I. INTRODUCCIÓN

El asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es una palmera nativa que se distribuye geográficamente en la región amazónica de Sudamérica, los principales países productores y exportadores del fruto asaí son Brasil y Colombia, que han ido industrializando y creando productos como: jugos, pulpa congelada, helados, suplementos alimenticios y aceites; asimismo, a través de las diversas investigaciones que realizaron, identificaron la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles (antocianinas y flavonoides), ácidos grasos (omega 3, 6 y 9), que combaten diversas enfermedades e infecciones (Castillo et al. 2017), por tal motivo desarrollan productos para su aplicación en la industria farmacéutica y cosmética, debido a la demanda y tendencia actual de los consumidores por productos funcionales que beneficien la salud.

En el Perú, la palma asaí crece en zonas tropicales como en los departamentos de Amazonas, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, en este último, por las condiciones y características de crecimiento, se encuentra la especie *Euterpe oleracea* Mart., que cuenta con pocos estudios del fruto, respecto a su composición y su aporte en sustancias bioactivas, frente a las tendencias antes señaladas, es por ello que, con el propósito de contribuir con información científica, el presente trabajo de investigación se ha planteado determinar las características fisicoquímicas del aceite de pulpa y semilla del fruto asaí extraído mediante dos métodos: prensado en frío y Soxhlet, obteniendo así características importantes como: biometría y contenido de humedad del fruto, el rendimiento de aceite y el contenido de polifenoles totales del aceite extraído.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según la investigación realizada por de Castro et al. (2021) denominado “Extração e análise de propriedades físico-químicas do óleo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)”, tuvieron como objetivo extraer el aceite de asaí con solvente orgánico y realizar análisis de algunos parámetros fisicoquímicos como densidad e índice de acidez. La extracción se realizó mediante el método Soxhlet, para llevarse a cabo, los frutos en estudio se trituraron para aumentar la superficie de contacto de la muestra con el solvente hexano y se secaron con ayuda de una estufa a 40 °C durante 3 horas; los resultados indicaron que el rendimiento del aceite de asaí fue muy bajo con un 3,55 %, debido a que se empleó el fruto entero, teniendo una gran cantidad de fibra encerrada en las semillas; en cuanto a densidad del aceite fue 0,7645 g/mL y su índice de acidez 0,04 mg KOH/g, siendo ligeramente elevado, este valor puede atribuirse a factores como la hidrólisis enzimática, la presencia de humedad y la exposición a la luz. En conclusión, determinaron qué tan importante es elegir la parte del fruto asaí y el método de extracción de aceite el cual se empleará, debido a que esto influye en el rendimiento del producto final.

Rodríguez y Ramírez (2013) en su estudio sobre “Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) producido en el pacífico colombiano”, los autores tuvieron como objetivo determinar el potencial de recuperación de aceites y oleorresinas con capacidad

antioxidante del fruto asaí. Para ello, analizaron el porcentaje de humedad de la semilla y pulpa, obteniendo 16,62 % y 68,40 % respectivamente. Posteriormente, las semillas se sometieron a un proceso de triturado y tamizado mientras que la pulpa se homogenizó en una licuadora. La pulpa y la semilla se secaron a 80 °C durante 24 horas hasta alcanzar una humedad del 3 %; luego las semillas de asaí reposaron por 24 horas con isopropanol obteniendo una oleorresina, el cual se recuperó con ayuda de un rotavapor; en el caso de la extracción de aceite de pulpa se empleó hexano. Los resultados del estudio mostraron que las semillas no son un material oleaginoso y que el potencial de recuperación del aceite está dado en la pulpa con un 48 % en una relación de pulpa/hexano (01:20), sin embargo, la extracción de oleorresina de semilla de asaí tuvo un rendimiento de 34,20 % en una relación de semilla/isopropanol (1:75) a 60 °C, al emplearse un disolvente polar este arrastró los compuestos polifenólicos presentes en la semilla, mostrando tener cantidades significativas de compuestos antioxidantes. En conclusión, el fruto asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es un material promisorio para la recuperación de aceite, obteniendo más del 20 % de rendimiento, si se considera como material global (pulpa y semillas) y un 50 % si se considera solamente la pulpa; en cuanto al perfil de ácidos grasos del aceite de pulpa y semilla, lo clasificaron como un aceite comestible especial, debido a su alto contenido en ácidos grasos mono y poliinsaturados, que son beneficiosos para la salud por la reducción del riesgo cardiovascular.

Según la investigación llevada a cabo por Caldas et al. (2014) se evaluó “Extracción y caracterización de aceite de naidí”, (*Euterpe oleracea* Mart.), donde se empleó el método Soxhlet para la extracción del aceite, la pulpa

del fruto se deshidrato en una estufa a 110 °C durante 1 hora y se determinó el contenido de humedad de la pulpa siendo 66,3 %; para la extracción se utilizaron tres solventes: n-hexano, acetato de etilo y etanol. Los resultados indicaron que con el solvente n-hexano se obtuvo un aceite con mejor color y mayor rendimiento (74,14 %), seguido por el acetato de etilo (60,55 %) y finalmente etanol (42,67 %); con los dos últimos solventes mencionados se obtuvo un aceite de baja calidad debido a su coloración oscura.

Silva (2017) en su tesis titulado “Compostos voláteis, perfil de aroma, de ácidos graxos e potencial antioxidante de óleo extraído por prensagem a frio de resíduo agroindustrial de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)”, tuvo como propósito evaluar el potencial de los residuos de asaí, para la producción de aceite destinado a aplicaciones culinarias y cosméticas. Utilizó los residuos generados del proceso de clarificación de la pulpa, denominados “lodos de asaí”, que fueron secados a 9,2 % de humedad y sometidos a prensado en frío a 45 T por 2 horas, al obtener el aceite se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos respectivos. Los resultados indicaron que, la extracción de aceite por prensado en frío de los residuos de asaí mostró un rendimiento del 37 %; este a su vez presentó una densidad relativa de 0,92 g/mL, humedad 0,24 %, índice de acidez 1,79 mg KOH/g, índice de yodo 75 g I_2/100 g e índice de saponificación 195 mg KOH/g; todos estos valores estuvieron dentro de los rangos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para aceites comestibles, en cuanto al análisis de contenido fenólico total del aceite de asaí fue de 439,37 mg EAG/100 g. Por lo tanto, el estudio concluyó que es viable extraer aceite de los residuos agroindustriales del fruto asaí, mediante el método prensado en frío, generando

un producto con potencial aplicación en la cocina gourmet y en la industria cosmética.

De acuerdo con Falla (2020) en su estudio denominado “Evaluación técnico-financiera para la producción del aceite de açaí partiendo de los residuos del proceso de despulpado para Green and Inclusive Group SAS”, tuvo como objetivo establecer una metodología de extracción de aceite que presentara un mayor rendimiento. Para el procedimiento utilizó la semilla del fruto asaí (*Euterpe precatoria* Mart.), las cuales se limpiaron, trituraron y secaron a 60 °C por 24 horas en una mufla, para luego extraer el aceite mediante tres métodos: hidrodestilación asistida por microondas, extracción Soxhlet y arrastre de vapor; en cada proceso se empleó etanol e isopropanol, obteniendo un extracto denominado oleorresina de semilla de asaí. Los resultados indicaron que las semillas de asaí presentaron una humedad de 39,15 %; el método de extracción Soxhlet con isopropanol fue el más óptimo, obteniendo un rendimiento de 19,76 %, como método alternativo y económicamente viable resulto la extracción por Soxhlet con etanol teniendo un rendimiento de 12,36 %, las características organolépticas de esta última fueron de menor calidad en comparación de la extracción realizada con isopropanol; en cuanto a los análisis fisicoquímicos, la densidad resultó 0,9017 g/mL, índice de acidez 9,0686 mg NaOH/g, índice de yodo 135,81 g I_2/100 g, índice de peróxido 4,311 meq O_2/kg e índice de saponificación 246,84 KOH/g; concluyendo así que los residuos de asaí, en sus propiedades físicas y químicas, poseen una gran variedad de ácidos grasos, aminoácidos, esteroles, antioxidantes y polifenoles; en relación al estudio de los

parámetros fisicoquímicos, estos se encontraron dentro del rango permitido por la norma técnica colombiana para aceites y grasas de origen animal y vegetal.

Por otro lado Lima (2022) nos menciona en su investigación sobre "Análise físico-química e espectrofotométrica de óleo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)", que tuvo como finalidad, evaluar la calidad fisicoquímica y espectrofotométrica del aceite de asaí degradado y lo comparó con la normativa brasileña. Los análisis realizados fueron: pH, índice de acidez, densidad e índice de saponificación y se verificaron los dienos y trienos para los análisis espectrofotométricos. Este estudio obtuvo como resultado: pH 4,49; densidad 0,910 g/mL; índice de acidez 7,04 mg KOH/g; índice de saponificación 65,52 mg KOH/g. Por lo tanto, se concluyó que el aceite en mención presenta una alta acidez lo que puede deberse a diversas causas, como la hidrólisis enzimática, la humedad o exposición a la luz; por eso es importante almacenarlo en un envase ámbar, protegido de la luz y la humedad, para garantizar su estabilidad durante el tiempo permitido de uso, que es de 24 meses después de la extracción. En consecuencia, determinaron que el aceite en estudio no fue apta para el consumo, debido a que el índice de acidez no cumplió con la normativa brasileña y el índice de saponificación fue bajo.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Vargas et al. (2022) llevaron a cabo la investigación denominada "Valor nutricional y capacidad antioxidante de cuatro frutos de palmeras nativas de la Amazonía Peruana"; donde las muestras fueron colectadas de la Reserva Nacional de Allpahuayo Mishana – Loreto; los frutos (*Euterpe oleracea* Mart.)

maduros fueron despulpados de manera manual con un cuchillo y se almacenaron en bolsas conservadoras a una temperatura de -20 °C; para la extracción del aceite usaron el solvente éter de petróleo para posterior realizar los análisis fisicoquímicos, teniendo como resultado lo siguiente: índice de acidez 5,61 mg KOH/g, índice de yodo 49,45 g I_2/100 g, índice de peróxido 8,94 meqO_2/kg, índice de saponificación 146,32 mg KOH/g y el contenido de fenoles totales fue 120,34 mg AG/g muestra fresca. Concluyendo este estudio que, el fruto asaí y los frutos *O. bataua, O. mapora,* y *E. precatoria* que se analizaron, poseen aceites que pueden ayudar a disminuir los niveles de colesterol malo y aumentar el colesterol bueno, también tienen buenas propiedades nutricionales con un gran potencial para la elaboración de alimentos funcionales o complementos alimenticios.

Ortega (2015), en su tesis titulado “Obtención del aceite vegetal de *Euterpe precatoria* Mart. (Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad)” tuvo como propósito comparar el rendimiento y la calidad del aceite de la pulpa de asaí, obtenido por diferentes métodos de extracción: presando en frío, pre tratamiento enzimático-prensado y solventes; los frutos en estudio fueron recolectados del departamento de Loreto – Yurimaguas; inicialmente se realizó la caracterización morfológica en donde el promedio de las longitudes, diámetros y peso de los frutos fue 1,324 cm 1,425 cm y 1,797 g, respectivamente. La operación de despulpado se realizó con adición de agua destilada y posterior la pulpa se envasó en bolsas de polietileno y se almacenó a -10 ºC. Para la extracción de aceite de la pulpa de asaí, se descongeló la pulpa

y se secó en una estufa de aire circulante a 45 ºC por 18 horas hasta obtener el 8 % de humedad. Los resultados mostraron que el método que tuvo mayor rendimiento fue la extracción con solvente (2-propanol: etanol: hexano 1:2, 45:1) siendo 42,6 % seguidamente el pre tratamiento enzimático-prensado con 35,3 % y por último prensado en frío con 31,9 %. Las características fisicoquímicas indicaron que fueron similares los aceites obtenidos por prensado en frío y pre tratamiento enzimático a diferencia del aceite obtenido por extracción con solventes el cual presentó ser de menor calidad; en cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales el aceite extraído por solventes reportó mayor cantidad con 11 010,5 mg AG/100 g, a comparación con otros estudios de la especie *Euterpe olaracea* Mart.

2.2 GENERALIDADES DEL ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)

El asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es una palmera que fue descrita por Carl Friedrich Philipp von Martius; crece en bosques húmedos y es llamada comúnmente como palmito, palma de manaca, chonta, naidí, asaí, huasaí o açaí que proviene del idioma tupi-guaraní (pueblo nativo de América del Sur) y significa "fruta que llora"; su periodo de cosecha es entre julio y diciembre, aunque varía según la zona y diversos factores medioambientales (Alonso, 2012). Existen dos especies de asaí, la especie *Euterpe oleracea* Mart. que tiene tallos múltiples y alcanza alturas de más de 25 metros y la especie *Euterpe precatoria* Mart. llamada también “palmera solitaria” por tener un solo tallo que alcanza una altura máxima de 22 metros, por lo general ambas especies se diferencian por su morfología y composición química (Castillo et al. 2017).

Hace unos años atrás el fruto asaí era consumido únicamente por los pobladores locales en donde crecía esta palma de forma silvestre; debido a diversas investigaciones lo denominaron fruto con propiedades funcionales, por la presencia de polifenoles y antioxidantes, motivo por el cual el comercio del asaí se encuentra en crecimiento, siendo Brasil uno de los principales productores que abastece la demanda actual en países como Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, en donde existe la necesidad de productos saludables, naturales, orgánicos, que aporten nutrientes importantes para la salud. En consecuencia, el asaí se ha convertido en un fruto valioso para la región amazónica, ofreciendo una forma segura de subsistencia y de nuevas oportunidades de empleo e importancia en la agroindustria (Morales, 2022).

2.2.1 Hábitat y distribución geográfica

El Asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es una palmera originaria de Sudamérica, localizada principalmente en la selva de los países de Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Venezuela; se distribuye en grandes áreas de la Amazonía principalmente en bosques húmedos a pluviales, debido a que el hábitat para que crezca esta palma, son las tierras bajas y lugares de clima tropical (Restrepo y Löwenberg, 2016).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2019), el asaí presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Cuadro 1. Taxonomía del asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Nombre científico	:	*Euterpe oleracea* Mart.
Reino	:	*Plantae*
División	:	*Magnoliophyta*
Clase	:	*Liliopsida*
Orden	:	*Arecales*
Familia	:	*Arecaceae*
Género	:	*Euterpe*
Especie	:	*oleracea*

2.2.3 Descripción botánica

El asaí es una palmera multicaule y monoica que puede alcanzar más de 25 metros de altura; su tallo es recto, cilíndrico, de color gris claro y delgado, puede medir de 7 a 18 cm de diámetro en su etapa adulta, es común que las agrupaciones que se forman de esta palma presenten de 4 a 25 troncos; las raíces son de color rojo y aéreas que pueden alcanzar 80 cm por encima de la superficie del suelo; las hojas son compuestas, pinnadas con disposición en espiral de 40 a 80 pares de folíolos, su corona tiene de 10 a 20 hojas; la inflorescencia se da en forma de racimo, el cual contiene flores estaminadas y pistilados (Oliveira, 2008). La palmera de asaí al crecer en condiciones favorables, su floración inicia a partir del tercer año, obteniendo una producción comercial al quinto o sexto año, produciendo entre 4 y 8 racimos de fruto al año, cada racimo produce aproximadamente 4 kg, pudiendo bordear los 120 kg al año (Baltazar et al. 2018).

Los frutos de esta palmera son pequeños y esféricos, con diámetros de 1 cm a 2 cm y un peso de 1,5 g aproximadamente, la maduración se completa en 175 días visualizando su color violeta oscuro característico, el mesocarpio es poco carnoso, teniendo alrededor de 1 mm de espesor, en su interior tiene una pequeña semilla con embrión y endospermo abundante. La parte comestible de la fruta consiste en el epicarpio y mesocarpio, lo que representa un promedio de 26,54 % de su peso del fruto (Morales, 2022). Otros frutos de asaí recolectados del caserío San Cristóbal de Agua Dulce, distrito Campo Verde y departamento Ucayali, presentaron las siguientes características biométricas: 1,7 cm de longitud, 1,5 cm de diámetro, peso 2,7 g, peso de cáscara más pulpa 0,8 g y peso de la semilla 1,9 g (Quiñones, 2019). La semilla es de color marrón claro y representa aproximadamente el 80 % a 85 % del fruto total; pesando entre 0,6 a 2,8 g y varía de 0,6 a 2,5 cm de diámetro (Laurindo et al. 2023).

2.2.4 Poscosecha

Antes de procesar el fruto asaí es importante identificar su grado de madurez, que se caracteriza por el desarrollo del color morado oscuro, este cambio se asocia con el paso de los pigmentos clorofílicos a antocianos. Los frutos deben cosecharse cuidadosamente, en horas frescas, mantenerse a la sombra y enfriarse y/o procesarse en el menor tiempo posible (Morales, 2022). Al transportar los frutos se utiliza canastillas plásticas o lonas asegurando una incidencia mínima de daños mecánicos, posteriormente se seleccionan los frutos y se almacenan refrigerándolos a 4 °C si va a ser procesado en el término de pocas horas, pero se debe congelar a -10 °C si va a ser procesado después de

uno o más días, con el fin de evitar el deterioro de sus compuestos bioactivos, ya que el fruto es perecible a temperatura ambiente (Castro et al. 2015).

2.2.5 Valor nutricional y componentes bioactivos

El fruto asaí constituye una fuente natural, rica en nutrientes para la alimentación de muchos pueblos nativos de la Amazonía peruana y en general para todo el mundo, debido al auge de alimentos y/o productos funcionales. Los principales componentes de la pulpa de asaí son los lípidos, la fibra y la proteína, que en algunos estudios representan promedios del 50 %, 25 % y 10 % respectivamente, en materia seca. Sin embargo, esta composición puede variar según la variedad del fruto y su estado de maduración (Yamaguchi et al. 2015, citado por Silva, 2017).

Cuadro 2. Composición proximal del fruto asaí

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	43,62
Cenizas	1,54
Lípidos	1,78
Proteína	7,22
Fibra	18,89
Carbohidratos	26,95

Fuente: Vargas et al. (2022)

En cuanto al contenido de minerales, se visualiza que la pulpa fresca de asaí contiene en mayor proporción el calcio, potasio, magnesio y sodio.

Cuadro 3. Contenido de minerales de pulpa fresca de asaí

Minerales	mg/100 g
Sodio (Na)	38,24
Calcio (Ca)	247,93
Potasio (K)	874,78
Magnesio (Mg)	69,90
Cobre (Cu)	1,17
Zinc (Zn)	2,54
Manganeso (Mn)	3,41
Hierro (Fe)	1,74

Fuente: Vargas et al. (2022)

La pulpa de asaí se caracteriza por su riqueza en aceite vegetal, dado al contenido de lípidos, que representan cerca del 90 % del total de calorías y cuyo consumo proporciona un buen aporte de ácidos grasos mono y poliinsaturados, siendo así considerado como un alimento abundante en nutrientes, especialmente en términos de calorías (Silva, 2017).

Cuadro 4. Composición de ácidos grasos del aceite de pulpa de asaí

Ácidos grasos	Porcentaje (%)
Mirístico (C14:0)	0,11
Palmítico (C16:0)	18,65
Palmitoleico (C16:1)	2,58
Esteárico (C18:0)	1,02
Oleico (C18:1)	65,68

Ácidos grasos	Porcentaje (%)
Linoleico (C18:2)	11,27
Linolénico (C18:3)	0,69
Saturados	19,78
Monoinsaturados	68,26
Poliinsaturados	11,96

Fuente: Vargas et al. (2022)

Por otro lado, las semillas están compuestas por celulosa y hemicelulosa (63 - 81 %), proteínas (5 - 6 %), lípidos (2 - 3 %) y minerales (2 - 6 %) (Rogez, 2000, citado por Buratto et al. 2021).

Al hablar de componentes bioactivos, Laurindo et al. (2023) nos menciona que, tanto la pulpa como la semilla del asaí son ricas en fitoquímicos, el perfil químico de las semillas consiste en un 28,3 % de polifenoles y la pulpa contiene un 25,5 % de polifenoles, la mayoría de los cuales son cianidina 3-glucósido y cianidina 3-rutinósido.

Según Quiñones (2019) la pulpa fresca del fruto asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) mostró mayor capacidad antioxidante (23,30 µmol TEAC/g y 70,41 µmol TE/g) por el contenido de compuestos fenólicos (2 618 ± 101,9 mg EAG/100g) y antocianinas (183,93 ± 6,70 mg de cianidina – 3 – glucosido/100g de muestra), comparado con otros frutos como el sinamillo y el ungurahui.

Como se puede observar además de su valor nutritivo, el fruto asaí brinda propiedades funcionales, debido a su color morado oscuro característico, indicador de una fuente rica de flavonoides, polifenoles y antocianinas que a su vez producen una elevada cantidad de antioxidantes, componentes bioactivos beneficiosos para la salud, que reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades (Baltazar et al. 2018).

2.2.6 Usos

El asaí es una palmera de uso tradicional en lugares donde predomina esta especie; las frutas se venden como pulpa congelada, jalea, zumo, helados, tartas, pigmentos y bombones; el palmito, se come fresco o enlatado; las hojas se usan para techos de casas, cestos, alfombras, abanicos y cuerdas; las semillas producen un buen fertilizante y se usan secas para confeccionar artesanía local; el tronco se usa para pilares en la construcción de casas rurales y para hacer puentes; las raíces jóvenes al transformarlas en té ayudan a combatir las lombrices y el pedúnculo de las frutas que queda al cortar las frutas se usa como fertilizante o como escoba, si se quema sirve como repelente contra mosquitos (Cymerys et al. 2005).

En los últimos años se ha divulgado información y se indaga más sobre sus propiedades, por consiguiente, su consumo, comercialización y derivados han aumentado y trascendido exponencialmente en diversas partes del mundo, consolidándose como un “súper alimento” (Guerra, 2021). El interés de la industria se centra en la pulpa, comercializándolo como: jugos, suplementos, pulpa congelada, aceite, helados, bebidas energéticas, polvo

liofilizado, deshidratado y micro encapsulado; existen también franquicias que ofrecen bowls saludables a base de pulpa de asaí, generando atención a los consumidores y llegando a ellos a través de diferentes vías (Morales, 2022).

En lo que respecta a la producción de aceite de asaí casi siempre se utiliza la especie *oleracea* porque tiene mayor proporción que la especie *precatoria*; el aceite es muy solicitado para la aplicación en la industria cosmética, donde han desarrollado formulaciones a base de este ingrediente para la obtención de cremas, colonias, jaboncillos, exfoliantes y champús, de tal modo que este aceite ha mejorado su cotización en el mercado con respecto a otros aceites vegetales. Debido a su acción antioxidante, que protege todas las células del cuerpo del envejecimiento prematuro e incluso mejora la apariencia del cabello, la piel y las uñas; además, estimula el proceso de cicatrización al contener fitoesteroles, estos actúan a nivel celular, siendo efectivos en el tratamiento de dermatitis y afecciones. El aceite de asaí también es una excelente opción para acompañar en ensaladas o salsas, reemplazando al aceite de oliva. En general el asaí es importante para el desarrollo de la agroindustria en la región amazónica y tiene una gran importancia socioeconómica debido a su uso potencial (Lima, 2022).

2.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

Hay muchas formas de extraer aceite y esto depende del producto final que el consumidor requiera; Peralta (2009) realizó un estudio sobre el método más adecuado para extraer aceite de asaí para una línea de cosmético, este eligió el método prensado en frío, ya que conserva las propiedades beneficiosas de esta

especie, a pesar de que no es tan eficiente en cuanto a rendimiento como el método Soxhlet. Actualmente se están investigando y desarrollando nuevos métodos de extracción de aceites para reducir su deterioro, evitando así la contaminación del producto con solventes residuales y el deterioro de componentes termolábiles (compuestos antioxidantes, vitaminas, etc.) (Ortega, 2015).

2.3.1 Extracción por prensado en frío

El prensado en frío es el método de extracción más antiguo y más utilizado por la industria, es un método de separación netamente mecánico, en donde la materia prima vegetal se somete a una presión mecánica, obteniendo aceite. Este método generalmente se usa para la obtención de aceite virgen, ya que no se aplica calor y no se usa ningún producto químico para su extracción, teniendo un aceite libre de residuos, de mejor calidad que conserva sus compuestos bioactivos, siendo el mercado cosmético el que más emplea estos tipos de aceites. El proceso de extracción por prensado es influenciado por varios parámetros tales como el contenido de humedad, la capacidad de la prensa y la potencia aplicada (Falla, 2020). Al realizar el proceso de prensado, queda residuo vegetal llamado “torta”, que tiene varias características nutricionales; el contenido de aceite en la torta obtenida en la extracción por prensado puede reducirse hasta un 6% en grandes prensas más modernas, sin embargo, el valor promedio ronda entre el 10 % y el 12 % (Tandy, 1991, citado por Lima, 2022).

2.3.2 Extracción por Soxhlet

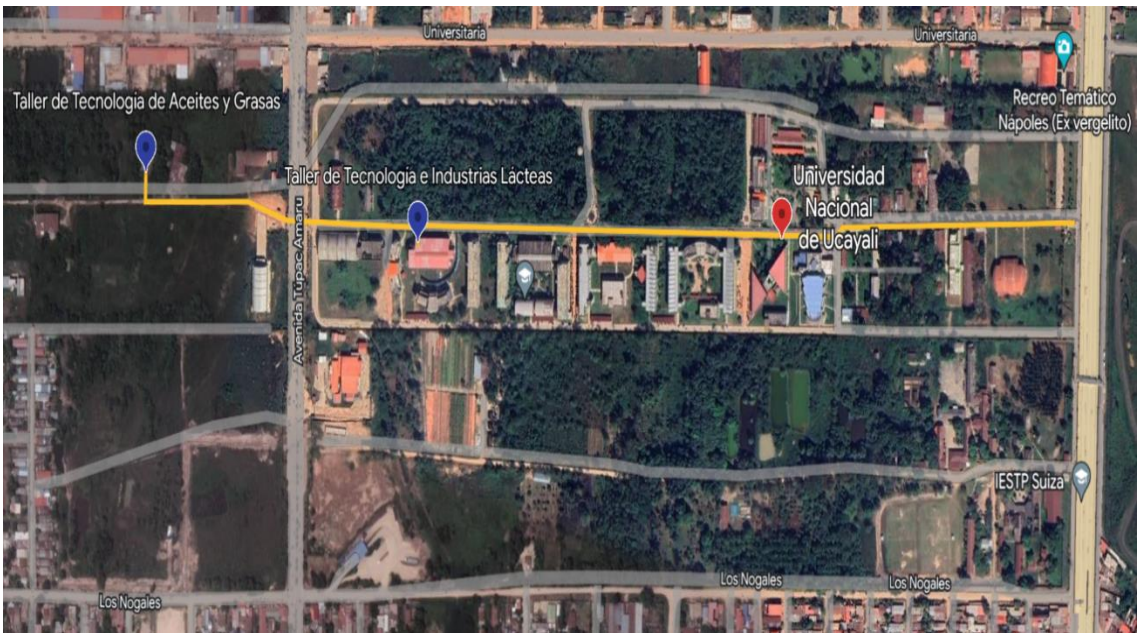
La extracción con solventes o también llamado extracción Soxhlet, es un método que se emplea si se busca rendimiento, se puede usar un solvente o la mezcla de ellos, dentro de los solventes más utilizados son el etanol, metanol, isopropanol, hexano, éter etílico, éter isopropílico, cloroformo, entre otros; no se usan clorados ni benceno por su peligrosidad a la salud (Espinosa, 2021). El proceso consiste en tener muestras vegetales previamente secadas y molidas, esto se introducen dentro de un cartucho de papel filtro el cual se deposita en la cavidad del sifón Soxhlet, el solvente se coloca en un balón de ebullición y se calienta, el vapor de solvente generado se dirige hacia un condensador y por acción de la gravedad las gotas del solvente caen sobre la muestra, el tubo capilar del sifón Soxhlet empieza a llenarse, una vez este alcanza su límite se produce una descarga que devuelve el solvente con el extracto al balón para iniciar un nuevo proceso de extracción, esto ocurre de manera repetitiva, demora alrededor de 4 a 5 horas, esto va depender de varios factores como la condición del material a extraer, el número de lavados con el solvente y el tiempo de contacto de la materia prima con este; al término del tiempo de extracción, la mezcla (extracto-solvente) pasa por un proceso de separación, para ello es llevada al rotavapor, el cual se programa con las condiciones de temperatura y presión adecuadas para que se evapore el solvente utilizado, permitiendo la separación del aceite y solvente (Falla, 2020). Al finalizar todo este proceso, es necesario analizar la calidad del aceite obtenido, debido a que en este método se realiza a altas temperaturas y con solventes (Lima, 2022).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los talleres de Tecnología e Industrias Lácteas y Tecnología de Aceites y Grasas, laboratorios especializados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en la Carretera Federico Basadre km 6.2, distrito Callería, provincia Coronel Portillo y departamento Ucayali, geográficamente entre las coordenadas 8°23′S latitud sur, 74°33′O" longitud Oeste y altitud 154 ms.n.m.

Figura 1. Ubicación de talleres especializados de Ingeniería Agroindustrial



Fuente: Imagen Satelital (Google Earth, 2023)

3.2 MATERIA PRIMA

Fruto asaí de la especie *Euterpe oleracea* Mart. fueron cosechados de la empresa Campodrim S.A.C. ubicado en Otr. carretera Nueva Requena km 0.5

Otr. Mariano Ganoza – última cuadra, distrito Campo Verde, provincia Coronel Portillo y región Ucayali.

Figura 2. Ubicación de empresa Campodrim S.A.C.



Fuente: Imagen Satelital (Google Earth, 2023)

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1 Materiales y equipos de proceso

Los materiales y equipos usados para el proceso de poscosecha de la materia prima son los siguientes: balanza de plataforma digital, batea de plástico 50 L, cocina, olla, gas, bandejas, termómetro digital, cuchillos de acero inoxidable, jarras de plástico graduadas de 5 L y 1 L.

3.3.2 Materiales de laboratorio

Botellas de vidrio ámbar, papel filtro, papel aluminio, embudo, tamiz (N°10 - 2 mm), piseta, espátula, pinzas, luna de reloj, guantes de seguridad, matraz de Erlenmeyer de 250 mL, pipetas volumétricas (0.5, 1, 5, 10 y 25 mL), bureta (25 y 50 mL), probeta de 100 mL, vasos precipitados (100, 150 y 250 mL), picnómetro de 10 mL, fiolas (50, 100 y 250 mL), pera de decantación de 1000 mL, puntas para micropipetas, tubo falcon de 50 mL, cubetas de plástico de 10 mm, microtubos eppendorf 2 mL, gradilla para microtubos.

3.3.3 Equipos de laboratorio

Micropipetas (10, 100 y 1000 µL) (Dragon LAB), pipeteador eléctrico (Marca Eppendorf Easypet), desecador, termómetro digital (genérico), vernier digital (Desttools profesional), equipo Soxhlet, rota vapor (RE-3000E), estufa (BOV-T30C), cabina de secado, molino de martillo, balanza analítica (A&D Company limited), quipo de titulación, prensa hidráulica manual, agitador magnético (Dlab), plancha calentadora eléctrica (Miray), agitador vortex digital (Oxford), espectrofotómetro UV (DLAB SP-V1100).

3.3.4 Reactivos

Los reactivos que se utilizaron para los análisis fisicoquímicos del aceite de pulpa y semilla de asaí, son los siguientes: Etanol 96° (C_2H_6O), fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$), hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH), ácido acético (CH_3COOH), ácido clorhídrico (HCl), acido gálico ($C_7H_6O_5$), cloroformo ($CHCl_3$), yoduro de Potasio (KI), tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$), indicador de almidón, reactivo de Wijs (ICl), reactivo de Folin-Ciocalteau,

carbonato sódico (Na_2CO_3), hexano (C_6H_{14}), metanol (CH_3OH), agua destilada (H_2O), hipoclorito de sodio (NaClO).

3.3.5 Indumentaria

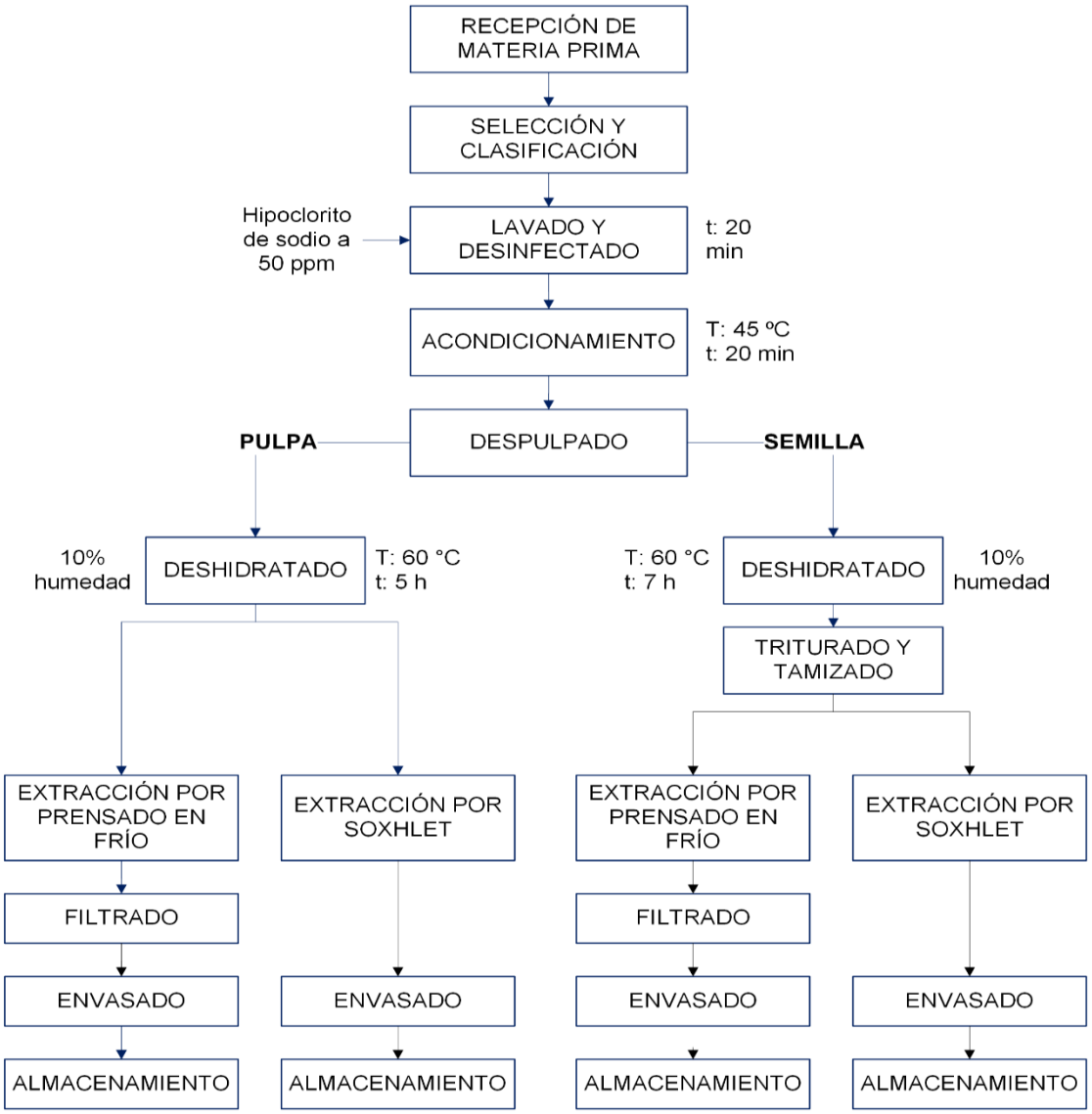
Mandil (Guardapolvo), guantes de látex, protector bucal, cofia.

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1 Proceso de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí

Para la extracción del aceite de pulpa y semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), se trabajó con dos métodos de extracción, prensado en frio y Soxhlet (etanol 96°), como se puede observar en la figura 3, estos son los procesos necesarios que se planteó y corrigió mediante pruebas preliminares.

Figura 3. Diagrama de bloques para la extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método prensado en frío y Soxhlet.



3.4.2 Descripción de las operaciones de proceso de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí

Según el diagrama de bloques mostrado, a continuación, se describe cada operación planteada:

Recepción de materia prima

Los frutos de asaí fueron colectados de la empresa Campodrim S.A.C. de distrito Campo Verde, previamente se verificó el estado de madurez visualizando el color morado oscuro brillante, que se desprende al contacto y que tiende a tener una menor firmeza, posteriormente se pesó, teniendo 35 kg de frutos cosechados, que fueron trasladados en un costal de malla hasta el taller de tecnología de aceites y grasas de la Universidad Nacional de Ucayali.

Selección y clasificación

Esta operación se realizó de forma manual, se seleccionaron los frutos en buen estado de aquellos que presentaron daños biológicos o mecánicos, asimismo se clasificó por color, ya que es un indicador de grado de madurez fisiológica, debido a que los frutos no presentan un estado de madurez uniforme en el racimo de la palmera; para identificarlo algunas muestras representativas fueron sumergidos en alcohol 96° y se observó el cambio de color de la solución (Castro et al. 2015).

Lavado y desinfectado

Para el proceso de lavado, se utilizó agua corriente con el fin de eliminar residuos sólidos; en cuanto al proceso de desinfección, los frutos se

sumergieron en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm por 20 minutos, es decir, que al usar un cloro comercial con una concentración de 4 % se debe medir 1,25 mL de cloro por cada litro de agua (Betancourth, 2021).

Acondicionamiento

Los frutos fueron depositados en un recipiente de plástico (50 L) para luego sumergirlos con agua previamente calentada a 45 °C; se planteó que por cada kilogramo de fruto se adiciona 1 litro de agua, esto se dejó reposar durante 20 minutos aproximadamente, pasado el tiempo se retiró los frutos del recipiente para que escurra. Esta operación tiene como finalidad ablandar el epicarpio y mesocarpio del asaí para así facilitar el proceso de despulpado; se entiende que, a mayor grado de maduración, menor tiempo de inmersión (Betancourth, 2021).

Despulpado

El despulpado se realizó de forma manual con un cuchillo de acero inoxidable, este proceso consiste en separar la pulpa más la cáscara de la semilla.

Deshidratado

Para este proceso la pulpa y semilla de asaí se colocaron por separado en bandejas de malla con carga de 1 kg/m^2, y se deshidrató en una cabina de secado a una temperatura de 60 °C, por un tiempo determinado de 5 horas en el caso de la pulpa y 7 horas para la semilla, hasta que ambas muestras presentaron 10 % de humedad aproximadamente (Ortega, 2015).

Triturado y tamizado

Las semillas fueron trituradas con un molino de martillo (36 martillos) y posteriormente se tamizaron con ayuda de un tamiz (2 mm) debido a que la semilla contiene varias fibras que dificultan realizar una adecuada extracción de aceite.

Extracción de aceite por prensado en frio

Para cada unidad experimental, se pesó 2 kg de muestra deshidratada (pulpa y/o semilla) de asaí, cada muestra se prensó por separado, esto se llevó a cabo usando una prensa manual hidráulica con capacidad de 4 kg por carga, y se sometió a una presión de 32 T por un tiempo aproximado de 1 hora, con la finalidad de extraer la mayor parte de contenido de aceite de las muestras.

Extracción de aceite por Soxhlet

Para cada unidad experimental, se pesó 2 kg de muestra deshidratada (pulpa y/o semilla) de asaí, y por cada muestra se extrajo aceite por el método Soxhlet, utilizando etanol a 96°; para llevarse a cabo este proceso se pesó 10 g de muestra y se colocó en un cartucho de papel filtro, esto se depositó en la cámara extractora, luego se midió 200 mL de solvente con ayuda de una probeta y se vertió en un balón de ebullición, al calentar el solvente, este pasó por un proceso de evaporación y condensación que al estar en contacto con la muestra se extrajo el aceite, esta operación se realizó por 4 horas aproximadamente. Finalmente se separó el aceite del solvente usando el equipo rota vapor a presión -1 bar a 50 ºC (Ortega, 2015).

Filtrado

Se llevó a cabo este procedimiento solamente con los aceites obtenidos por el método prensado en frío, utilizando papel filtro estándar (10 µm), con el fin de separar partículas sólidas contenidas en el aceite.

Envasado

Los aceites de la pulpa y semilla de asaí obtenidos por ambos métodos de extracción fueron envasados en botellas de color ámbar, previamente limpiadas y desinfectadas, con la finalidad de que no se degraden por la incidencia de la luz.

Almacenamiento

En este último proceso las botellas ámbar contenidas con las muestras de aceite, se almacenó en un ambiente fresco, limpio y oscuro, para que no afecte la calidad de las muestras.

3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS

Todos los métodos analíticos que a continuación se detalla, se realizaron en el Taller de Tecnología e Industrias Lácteas de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.5.1 Caracterización biométrica

Se realizó con 60 frutos frescos, se midió la longitud desde la base hasta el ápice (cm), el diámetro que es la parte central (cm) y peso (g), por lo que se utilizó un vernier digital y una balanza analítica; de la misma forma se realizó con la semilla.

3.5.2 Humedad

Al determinar el contenido de humedad se utilizó 5 g de fruto fresco y se colocaron en una luna de reloj para luego secar en una estufa a 105 °C, hasta obtener un peso constante; de la misma forma se realizó con 5 g de semilla y 5 g de pulpa; todo este procedimiento se realizó por triplicado (Método AOAC 930.15) (2000).

3.5.3 Rendimiento de extracción de aceite

Se obtuvo el peso del aceite recuperado y se calculó el rendimiento de extracción de aceite con la siguiente ecuación:

$$Rendimiento\ de\ extracción\ (\%) = \frac{\text{Peso de aceite extraído}}{\text{Peso de la muestra}} \text{X } 100$$

3.5.4 Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos de las muestras de aceite de pulpa y semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) se realizaron por triplicado, bajo normativas nacionales e internacionales. Los métodos utilizados se detallan en el Anexo 1 y se mencionan a continuación:

Densidad: Norma CODEX (STAN 210-1999) revisada el 2022.

Determinación de contenido de humedad: Norma Técnica Peruana 209.004 (1968) revisada el 2016.

Índice de acidez: ISO 660 (2020).

Índice de peróxido: NTP 209.006:1968 revisada el 2016.

índice de saponificación: Norma Técnica Peruana 209.058 (1980) revisada el 2016.

Índice de yodo: Método de Wijs de conformidad con la ISO 3961 (2018).

Determinación de contenido de polifenoles totales: Método Folin-Ciocalteu modificado por Lezama (2017).

3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1 Diseño experimental

En el presente estudio de investigación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 2 métodos de extracción de aceite de pulpa de asaí y 3 repeticiones, teniendo un total de 6 unidades experimentales. Los resultados obtenidos por cada método se procesaron y analizaron con el software estadístico de datos Statgraphics Centurion 16, en donde se calculó la media, la desviación estándar y el análisis de varianza (ANOVA); si se determina que existe diferencias significativas entre los datos, se realizó la prueba de Tukey, para comparar los métodos de estudio.

$$Yij = U + Ti + Eij$$

Donde:

Yij = Cualquier observación en estudio.

U = Media general

Ti = Efecto del i – esimo tratamiento en estudio

Eij = Error o residual.

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANVA) para DCA

FV	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	FC
Métodos	t-1	SC métodos	SCx/glt	CMtrat/ CMerror
Error	N-t	SC error	SCe/gle	
Total	N-1			

La extracción de aceite de semilla de asaí frente a los métodos de extracción propuestos en esta investigación, solo se obtuvo resultados por el método de extracción Soxhlet, obteniendo “oleorresina” denominada así por diferentes estudios, lo cual permitió obtener una caracterización del mismo.

Por lo tanto, los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la oleorresina de semilla de asaí, la caracterización biométrica, el análisis de humedad y el rendimiento de extracción de aceite, se digitaron y procesaron estadísticamente con el software Excel 2016, en donde se calculó la media, la desviación estándar y se insertaron graficas dinámicas de datos.

3.6.2 Factor de estudio

El factor de estudio fue los métodos de extracción por prensado en frío y Soxhlet, para la caracterización de los análisis fisicoquímicos del aceite de pulpa de asaí.

Cuadro 6. Factor de estudio

Factor	Métodos
Métodos de extracción	M_1: Extracción por prensado en frío de pulpa de asaí. M_2: Extracción por Soxhlet de pulpa de asaí.

3.7 MÉTODO ESTADÍSTICO

3.7.1 Método de Tukey

Para los promedios se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de significación para cada variable en estudio. El método estadístico fue:

$$w = q_{(t.glee.\alpha)} \sqrt[x]{\frac{CMee}{r}}$$

Donde:

q = Amplitud total estudiada, valor encontrado en tablas y que esta función de:

t = Número de tratamiento

$\propto$ = Nivel de significancia

glee = Grado de libertad del error experimental

CMee = Cuadro medio del error experimental.

r = Número de repeticiones de las medias de los tratamientos a ser comparada.

3.7.2 Tratamientos

El presente trabajo se analizó el efecto de un factor de estudio sobre la variable respuesta, teniendo 2 métodos de extracción de aceite de pulpa de asaí y 3 repeticiones, un 2 x 3 como resultante de la combinación del factor.

3.7.3 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante análisis ANOVA, las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p<0.05$, en consecuencia, se aplicó la prueba paramétrica de F (análisis de varianza) y comparaciones múltiples de medias Tukey para las variables en estudio.

3.7.4 Población

La población de los frutos asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) corresponde al distrito Campo Verde, provincia Coronel Portillo y departamento Ucayali.

3.7.5 Muestra

Para cada unidad experimental se utilizó 2 kg de muestra deshidratada (pulpa y/o semilla) de asaí.

3.8 Variables independientes y dependientes

3.8.1 Variable independiente

M_1: Extracción por prensado en frío de pulpa de asaí.

M_2: Extracción por Soxhlet de pulpa de asaí.

3.8.2 Variable dependiente

Caracterización fisicoquímica del aceite:

Análisis físico

Densidad

Humedad

Análisis químico

Índice de acidez

Índice de peróxido

Índice de saponificación

Índice de yodo

Polifenoles totales

IV. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LOS FRUTOS DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)

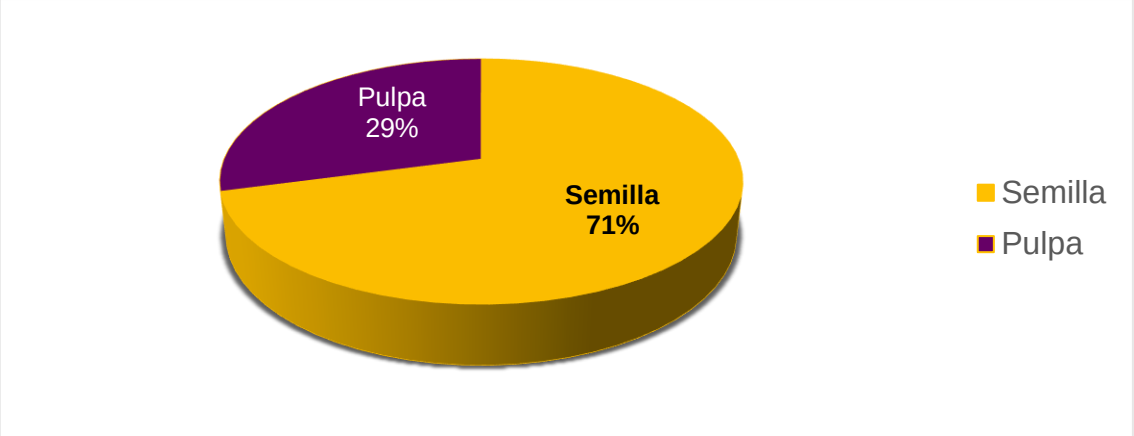
En el cuadro 7 se muestra las características biométricas del fruto en estudio, el cual se obtuvo promediando los resultados de 60 frutos y 60 semillas en estado fresco (Anexo 2).

Cuadro 7. Características biométricas de los frutos de asaí

Características biométricas	
Longitud del fruto (cm)	1,80 ± 0,24
Diámetro del fruto (cm)	1,61 ± 0,24
Peso del fruto (g)	2,33 ± 0,23
Peso de pulpa (epicarpio y mesocarpio) (g)	0,68 ± 0,05
Longitud de semilla (cm)	1,47 ± 0,05
Diámetro de semilla (cm)	1,28 ± 0,06
Peso de semilla (g)	1,65 ± 0,20

La mayor parte o composición del fruto asaí se da en la semilla con un 71 % y la pulpa con un 29 % como se visualiza en la figura 4.

Figura 4. Rendimiento de pulpa y semilla de los frutos de asaí



4.2 HUMEDAD DE LOS FRUTOS DE ASAÍ

El análisis de humedad se determinó a base de 5 g de fruto fresco, pulpa y semilla de asaí, siguiendo la metodología de la AOAC 930.15 (2000), esto se realizó por triplicado; lo que dio como resultado el promedio del contenido de humedad por cada parte de la estructura del fruto, tal como se puede apreciar en el cuadro 8.

Cuadro 8. Humedad de los frutos de asaí

Humedad	R1	R2	R3	Promedio (%)	CV *
Fruto fresco entero	47,68	48,22	48,10	48,00 ± 0,28	0,59
Pulpa (epicarpio y mesocarpio)	63,74	64,21	63,45	63,80 ± 0,38	0,60
Semilla	32,36	32,47	31,83	32,22 ± 0,34	1,06

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.3 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ASAÍ POR MÉTODO: PRENSADO EN FRÍO Y SOXHLET

En el cuadro 9 se presenta los resultados obtenidos del rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) por los métodos prensado en frío y Soxhlet (etanol), esto fue calculado en función al peso del aceite obtenido, con el peso de la muestra despulpada (base humedad) o muestra deshidratada (base seca) utilizados para cada método respectivamente.

En el proceso de extracción de aceite de semilla por prensado en frío no se obtuvo resultado, debido a la composición química de la semilla, siendo un material vegetal poco oleaginoso, a diferencia del método de extracción Soxhlet donde si se obtuvo oleorresina, denominado así por Rodríguez y Ramírez (2013), demostrando ser soluble en etanol u otros tipos de solventes.

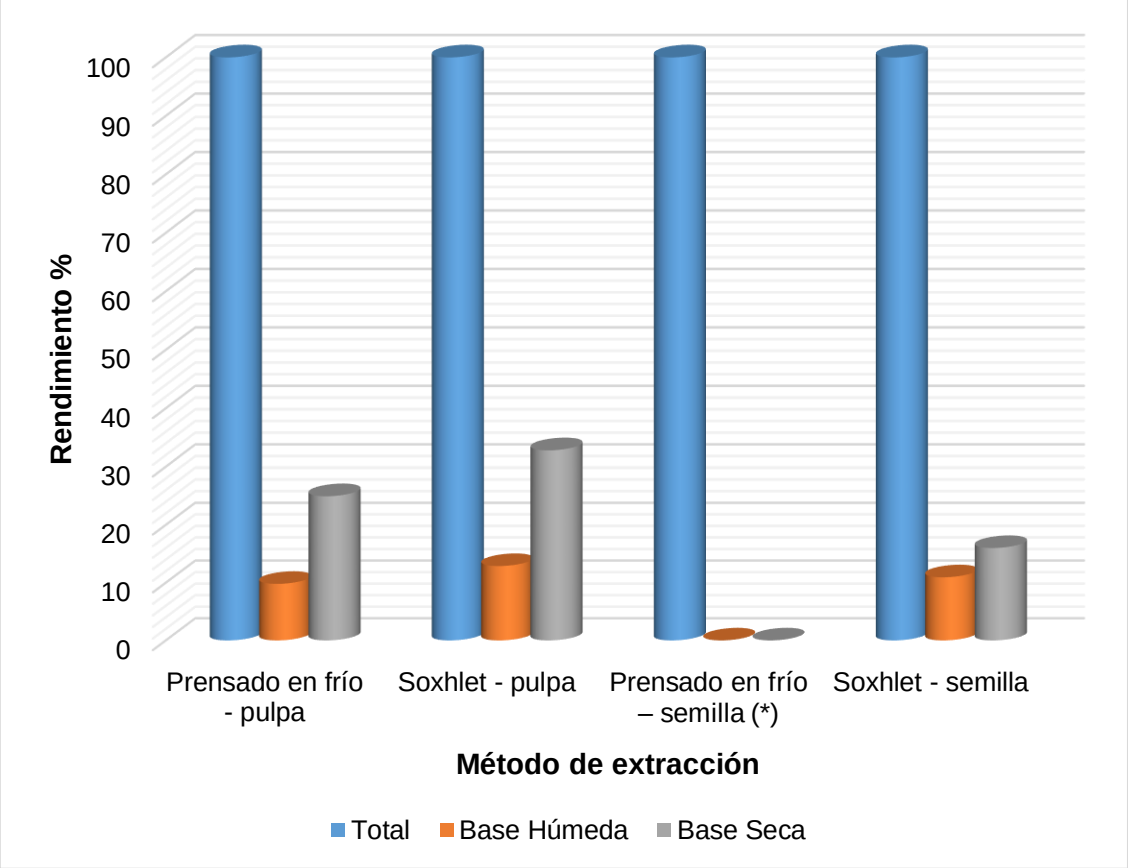
Cuadro 9. Rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí

Muestra	Método de extracción	Rendimiento (%)	
		Base húmeda	Base seca
Pulpa	Prensado en frío	9,79	24,95
	Soxhlet	12,88	32,80
Semilla	Prensado en frío (*)	-	-
	Soxhlet	10,93	16,00

(*) No se obtuvo aceite

En la figura 5, se comparó el rendimiento de extracción de aceite de asaí en relación a los métodos planteados, en donde se ve que el método Soxhlet permitió obtener un mayor rendimiento de aceite de pulpa a comparación del método prensado en frío, esto debido a que el solvente etanol actúa disolviendo los lípidos de la materia y el método prensado en frío actúa a presión separando los lípidos de la materia.

Figura 5. Rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí



(*) No se obtuvo aceite

En cuanto a las características del aceite de pulpa de asaí, este presentó una apariencia líquida viscosa, de color verde oscuro, lo cual se debe a la presencia de pigmentos como la clorofila y los carotenoides, que suelen ser

separados en el proceso de refinamiento (Ortega, 2015). La oleorresina obtenida de la semilla presentó un intenso color rojo oscuro, textura viscosa y espesa.

4.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DEL FRUTO ASAÍ

Se realizó la prueba de normalidad (Anexo 3) con todos los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del aceite de pulpa de asaí por cada método de extracción, teniendo como resultado una distribución normal, donde el valor de $p>0.05$, demostrando así que los datos no se desviaron significativamente de una distribución normal.

4.4.1 Análisis de densidad

Los resultados obtenidos de la densidad del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 10), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 10. Densidad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Densidad (g/mL)	Media	CV *

M_1: Prensado en frío	R1	0,9093	0,9092 ± 0,0001	0,01
	R2	0,9091		
	R3	0,9093		

Método de extracción	**Repeticiones**	**Densidad (g/mL)**	**Media**	**CV ***
M_2: Soxhlet	R1	0,9345	0,9341 ± 0,0004	0,04
	R2	0,9341		
	R3	0,9337		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 11, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto a densidad del aceite con una media de 0,9341 g/mL, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 0,9092 g/mL.

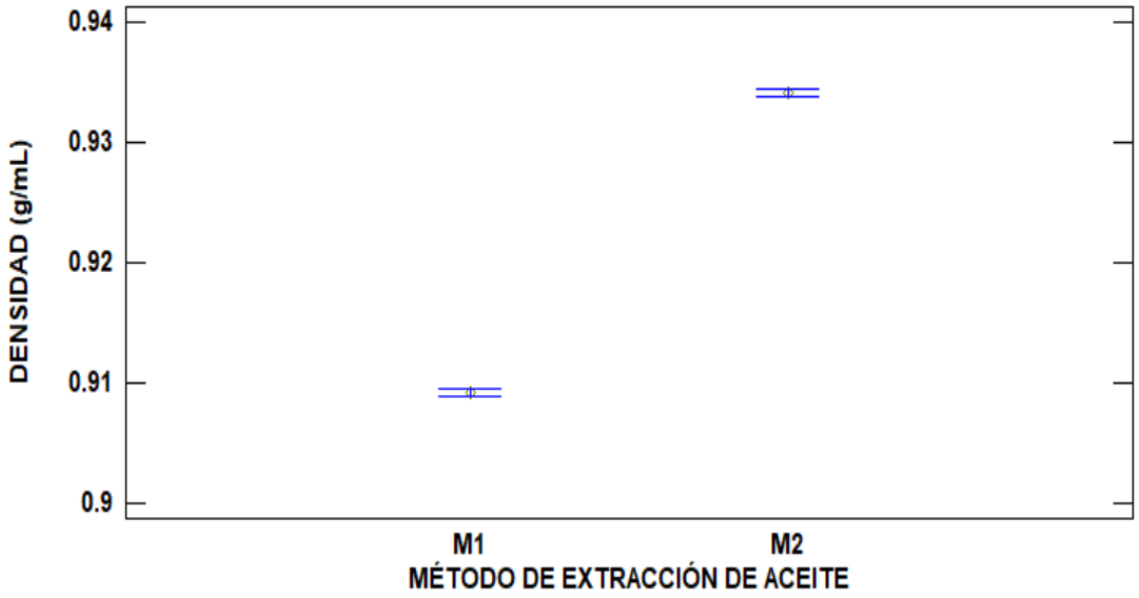
Cuadro 11. Comparación múltiple de Tukey de la densidad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	**Repeticiones**	**Media**	**Grupos Homogéneos**
M_1: Prensado en frío	3	0,9092	A
M_2: Soxhlet	3	0,9341	B

Resultados de media expresado en g/mL.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos ($p<0.05$).

Figura 6. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para densidad del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción.



A continuación, se presenta los resultados sobre la densidad de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 12).

Cuadro 12. Densidad de oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Densidad (g/mL)	Media	CV *
	R1	1,1532		
M_2: Soxhlet	R2	1,1530	1,1531 ± 0,0001	0,01
	R3	1,1531		

(*) CV = Coeficiente de variabilidad

4.4.2 Humedad

Los resultados respecto a la determinación del contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 13), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 13. Contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Humedad (%)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	0,1886	0,1884 ± 0,0008	0,41
	R2	0,1875		
	R3	0,1890		
M_2: Soxhlet	R1	0,3257	0,3232 ± 0,0030	0,92
	R2	0,3199		
	R3	0,3240		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 14, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto al contenido de humedad con una

media de 0,3232 %, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 0,1884 %.

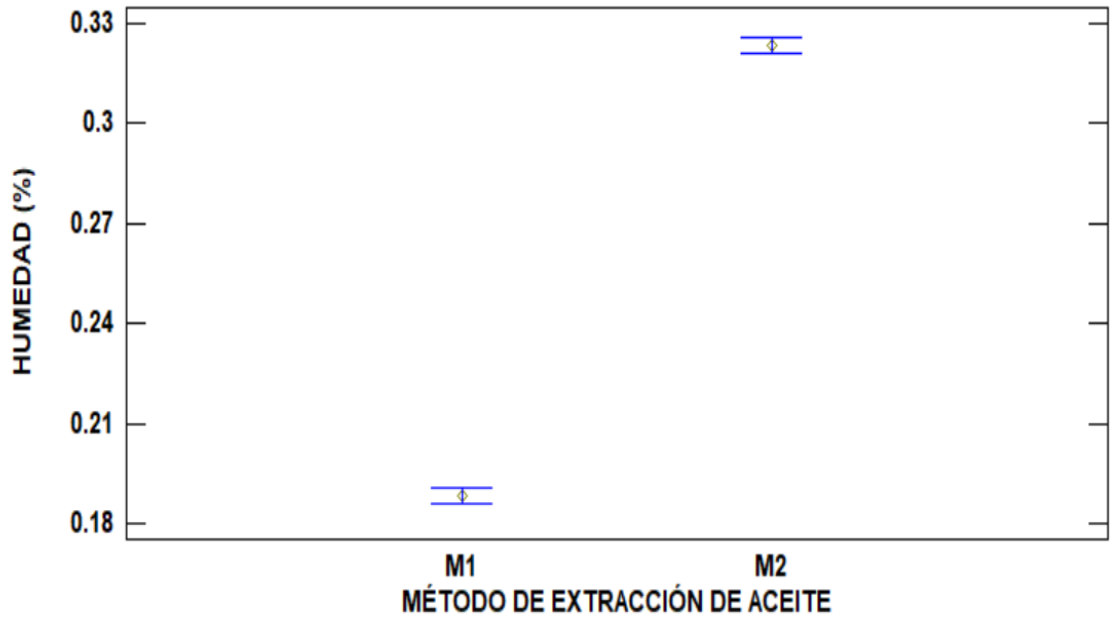
Cuadro 14. Comparación múltiple de Tukey del contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	0,1884	A
M_2: Soxhlet	3	0,3232	B

Resultados de media expresado en porcentaje (%).

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos (p<0.05).

Figura 7. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto a la determinación del contenido de humedad de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 15).

Cuadro 15. Contenido de humedad de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Humedad (%)	Media	CV *
M_2: Soxhlet	R1	4,9170	4,9189 ± 0,0021	0,04
	R2	4,9211		
	R3	4,9185		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.4.3 Índice de acidez

Los resultados respecto al análisis del índice de acidez del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 16), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 16. Índice de acidez del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Índice de acidez (mg NaOH/g)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	0,5465	0,5437 ± 0,0050	0,91
	R2	0,5467		
	R3	0,5380		
M_2: Soxhlet	R1	6,0690	6,0696 ± 0,0016	0,03
	R2	6,0684		
	R3	6,0715		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 17, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto al índice de acidez con una media de 6,0696 mg NaOH/g, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 0,5437 mg NaOH/g.

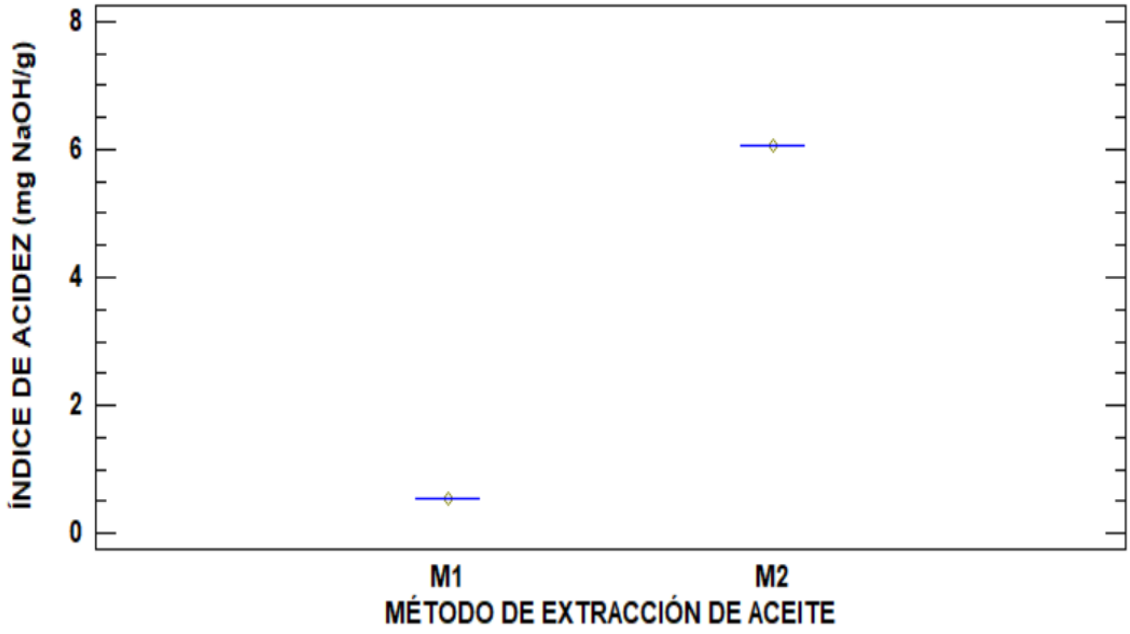
Cuadro 17. Comparación múltiple de Tukey del índice de acidez del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	0,5437	A
M_2: Soxhlet	3	6,0696	B

Resultados de media expresado en mg NaOH/g.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos ($p<0.05$).

Figura 8. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de acidez del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto al índice de acidez de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 18).

Cuadro 18. Índice de acidez de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Índice de acidez (mg NaOH/g)	Media	CV *
	R1	9,0568		
M_2: Soxhlet	R2	9,0634	9,0591 ± 0,0037	0,04
	R3	9,0572		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.4.4 Índice de peróxido

Los resultados respecto al análisis del índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 19), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 19. Índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Índice de peróxido ($meqO_2/kg$)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	2,0957	2,0895 ± 0,0092	0,44
	R2	2,0789		
	R3	2,0940		
M_2: Soxhlet	R1	4,3086	4,2890 ± 0,0172	0,40
	R2	4,2819		
	R3	4,2765		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 20, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto al índice de peróxido con una media

de 4,2890 meqO_2/kg, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 2,0895 meqO_2/kg.

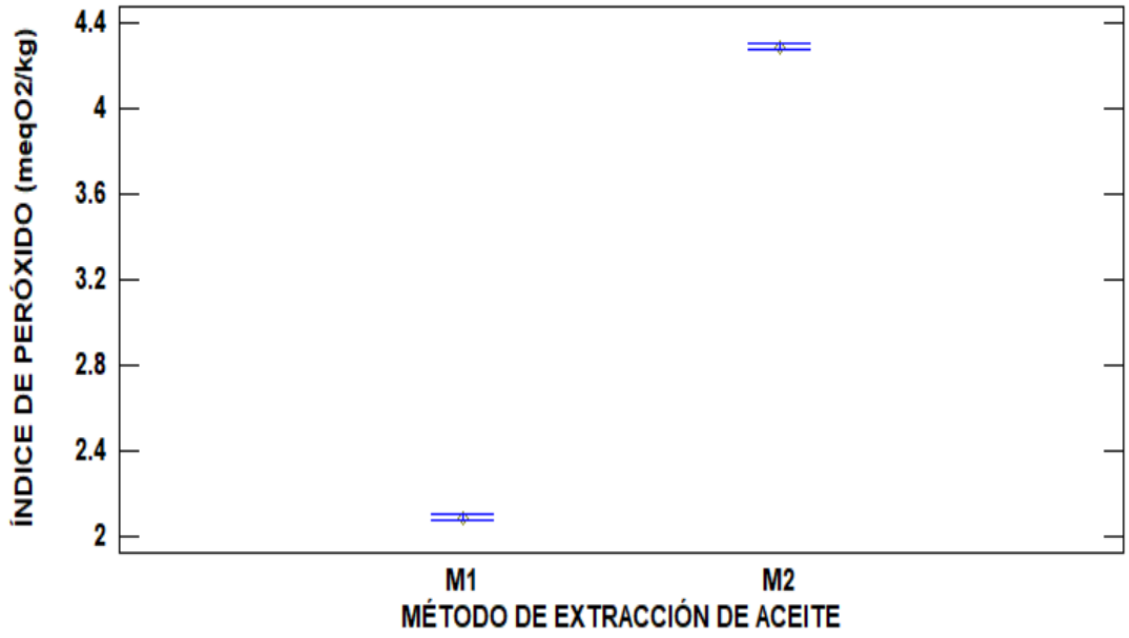
Cuadro 20. Comparación múltiple de Tukey del índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	2,0895	A
M_2: Soxhlet	3	4,2890	B

Resultados de media expresado en meqO_2/kg.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos ($p<0.05$).

Figura 9. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto al índice de peróxido de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 21).

Cuadro 21. Índice de peróxido de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Índice de peróxido ($meqO_2/kg$)	Media	CV *
	R1	5,0741		
M_2: Soxhlet	R2	5,0690	5,0702 ± 0,0035	0,07
	R3	5,0675		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.4.5 Índice de saponificación

Los resultados respecto al análisis del índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 22), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 22. Índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	165,8800	165,8600 ± 0,0721	0,04
	R2	165,9200		
	R3	165,7800		
M_2: Soxhlet	R1	190,7500	190,6133 ± 0,1721	0,09
	R2	190,4200		
	R3	190,6700		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 23, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto al índice de peróxido con una media de 190,6133 mg KOH/g, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 165,8600 mg KOH/g.

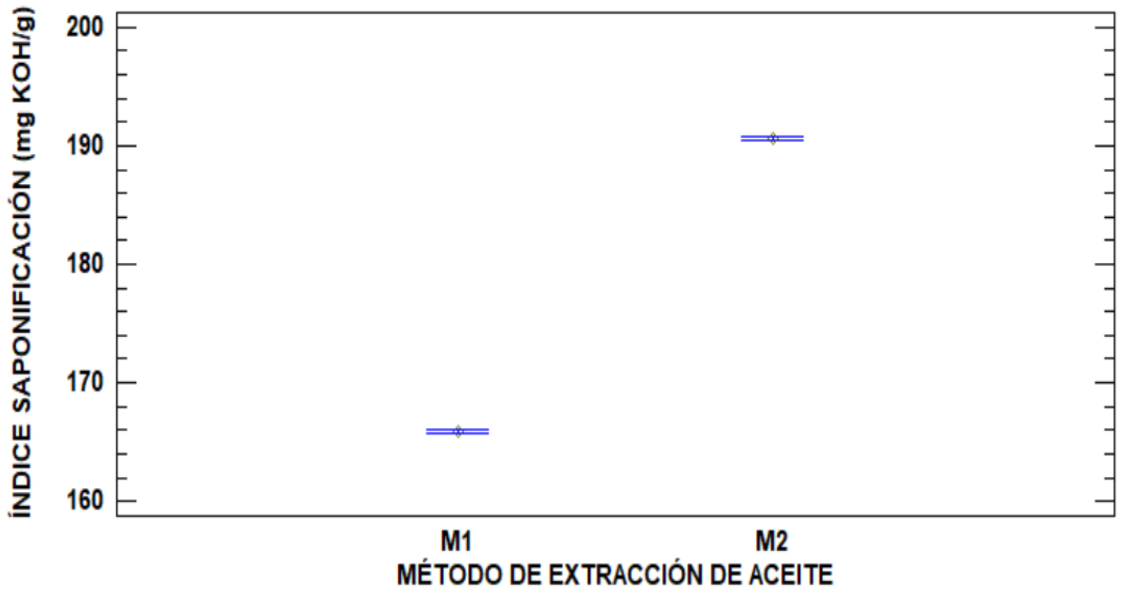
Cuadro 23. Comparación múltiple de Tukey del índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	165,8600	A
M_2: Soxhlet	3	190,6133	B

Resultados de media expresado en mg KOH/g.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos ($p<0.05$).

Figura 10. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto al índice de saponificación de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 24).

Cuadro 24. Índice de saponificación de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Media	CV *
	R1	245,9500		
M_2: Soxhlet	R2	245,9000	245,9067 ± 0,0404	0,02
	R3	245,8700		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.4.6 Índice de yodo

Los resultados respecto al análisis del índice de yodo del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 25), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 25. Índice de yodo del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Índice de yodo (g I_2/100 g)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	70,8713	70,8651 ± 0,1421	0,20
	R2	70,7201		
	R3	71,0040		
M_2: Soxhlet	R1	60,5980	60,5509 ± 0,0545	0,09
	R2	60,5635		
	R3	60,4912		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 26, se observa que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo un mayor valor en cuanto al índice de yodo con una media de 70,8651 g I_2/100 g, mientras que el M_2 (Soxhlet) obtuvo menor valor, con una media de 60,5509 g I_2/100 g.

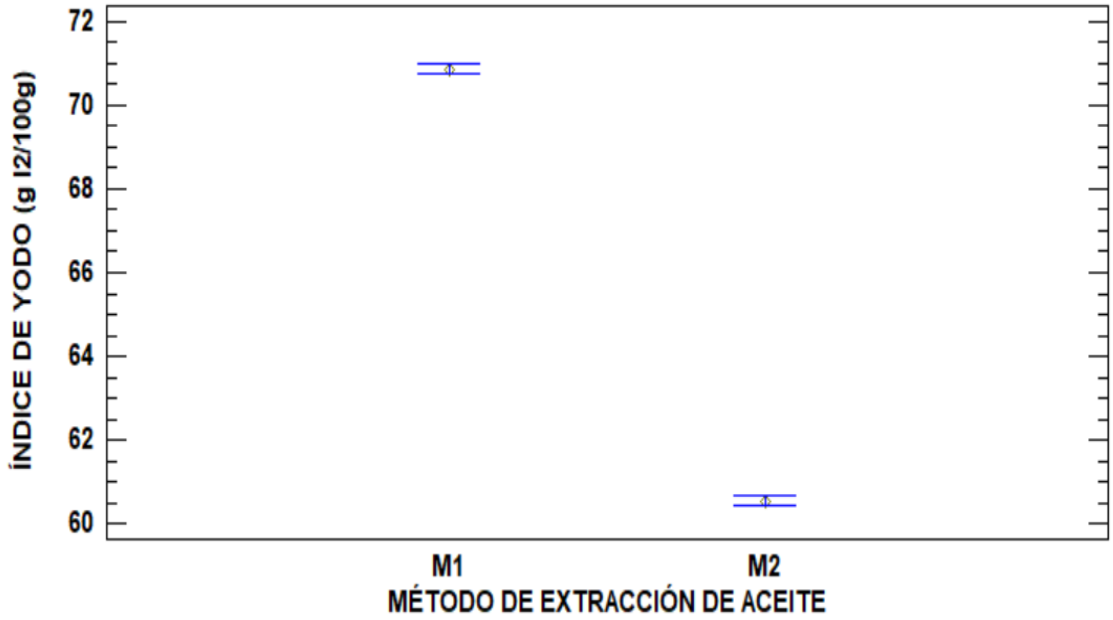
Cuadro 26. Comparación múltiple de Tukey del índice de yodo del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	70,8651	A
M_2: Soxhlet	3	60,5509	B

Resultados de media expresado en g I_2/100 g.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos ($p<0.05$).

Figura 11. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para índice de yodo del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto al índice de yodo de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 27).

Cuadro 27. Índice de yodo de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

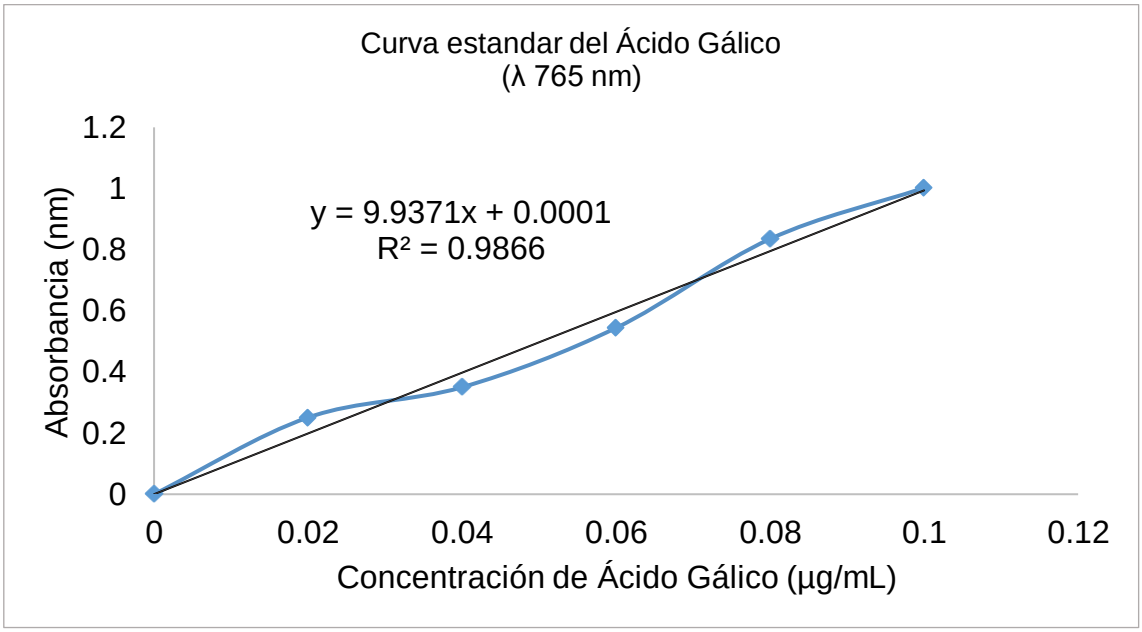
Método de extracción	Repeticiones	Índice de yodo (g I_2/100 g)	Media	CV *
	R1	130,4789		
M_2: Soxhlet	R2	130,4517	130,4583 ± 0,0182	0,01
	R3	130,4443		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

4.4.7 Polifenoles totales

Con el objetivo de determinar el contenido de polifenoles totales, se realizó según el método de Folin-Ciocalteu. Para ello, se prepararon disoluciones de ácido gálico, obteniendo una curva estándar de absorbancia versus concentración. La ecuación de la recta de calibración se obtuvo a partir de la curva estándar y se utilizó para determinar la concentración de las muestras.

Figura 12. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.



Los resultados respecto a la determinación del contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet (Cuadro 28), se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al Azar (DCA) con 2 métodos y 3 repeticiones. El análisis de varianza, mostrado en el Anexo 4, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los métodos a un nivel de significancia de $P<0.05$ y un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se realizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Cuadro 28. Contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), según método de extracción

Método de extracción	Repeticiones	Polifenoles Totales (mg EAG/100 g)	Media	CV *
M_1: Prensado en frío	R1	1 085	1 065,0 ± 52,92	4,97
	R2	1 005		
	R3	1 105		
M_2: Soxhlet	R1	6 590	6 583,3 ± 30,55	0,46
	R2	6 610		
	R3	6 550		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

Los resultados obtenidos en el cuadro 29, se observa que el M_2 (Soxhlet) obtuvo un mayor valor en cuanto al contenido de polifenoles totales con

una media de 6 583 mg EAG/100 g, mientras que el M_1 (Prensado en frío) obtuvo menor valor, con una media de 1 065 mg EAG/100 g.

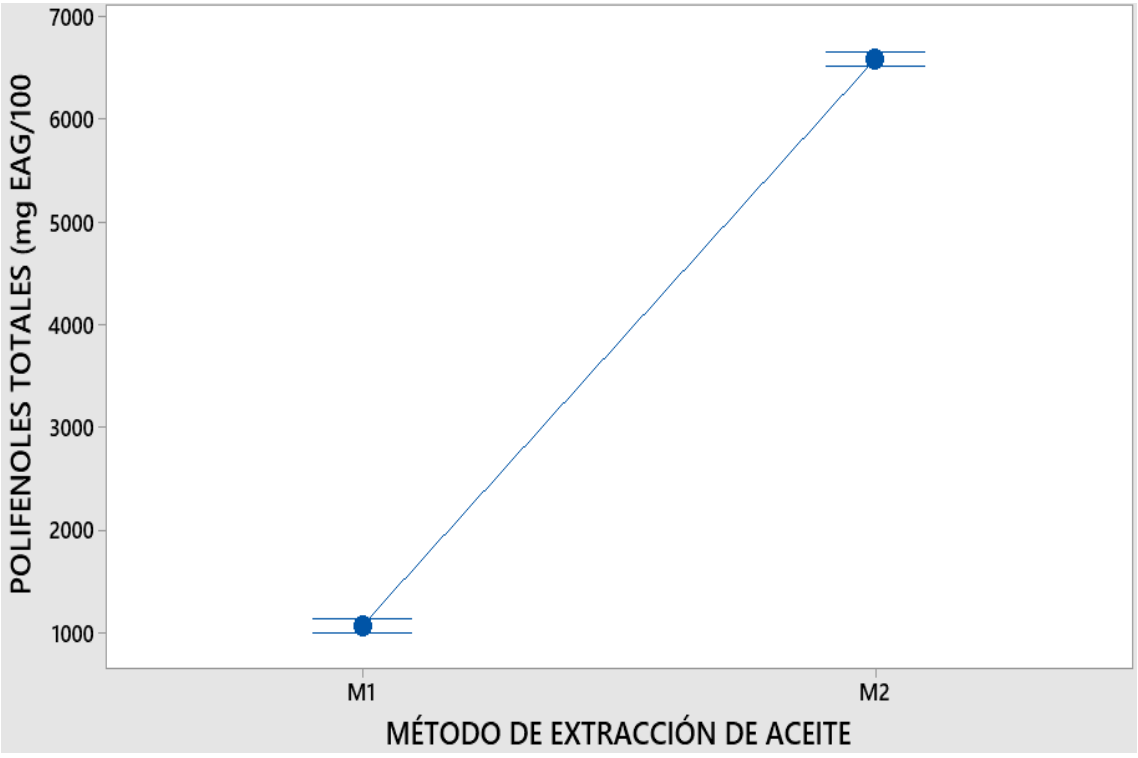
Cuadro 29. Comparación múltiple de Tukey del contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Método de extracción	Repeticiones	Media	Grupos Homogéneos
M_1: Prensado en frío	3	1 065,0	A
M_2: Soxhlet	3	6 583,3	B

Resultados de media expresado en mg EAG/100 g.

Valores con letras diferentes indican que si hay diferencia significativa entre los grupos (p<0.05).

Figura 13. Gráfico de medias 95.0% de Tukey para polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí, por método de extracción



A continuación, se presenta los resultados respecto al contenido de polifenoles totales de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet (Cuadro 30).

Cuadro 30. Contenido de polifenoles totales de la oleorresina de semilla de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), extraído por método Soxhlet

Método de extracción	Repeticiones	Polifenoles Totales (mg EAG/100 g)	Media	CV *
	R1	5 433		
M_2: Soxhlet	R2	5 231	5 332 ± 101	1,89
	R3	5 332		

(*) CV: Coeficiente de variabilidad

V. DISCUSIONES

5.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE LOS FRUTOS DE ASAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)

Quiñones (2019), en su trabajo de investigación donde realiza la caracterización biométrica del fruto asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), reporta que este presentó: peso 2,7 g, longitud 1,7 cm, diámetro 1,5 cm, peso de cáscara más pulpa 0,8 g que representa el 30 % y peso de semilla 1,9 g que representa el 70 %; al comparar con los resultados obtenidos: peso del fruto 2,33 g, longitud 1,80 cm, diámetro 1,61 cm, peso de pulpa más cáscara 0,68 g que representa el 29 % y peso de semilla 1,65 g que representa el 71 %; podemos observar que no existe variación entre ambos resultados, esto debido a que los frutos fueron cosechados del mismo distrito Campo Verde. Por otro lado, Laurindo et al. (2023) caracterizó la semilla obteniendo un rango de peso del 0,6 a 2,8 g y diámetro del 0,6 a 2,5 cm; al contrastar verificamos que nuestros resultados están dentro del rango indicado. Es importante saber que existen otros datos en relación a la caracterización biométrica y varían mayormente estos valores, en función al lugar de producción (tipo de suelo), la variedad genética, las condiciones bioclimáticas; factores determinantes que definen la realidad de producción de asaí en nuestro país a comparación de otros países.

5.2 HUMEDAD DE LOS FRUTOS DE ASAÍ

El resultado obtenido del contenido de humedad de la pulpa de asaí (63,80 %) coinciden con el trabajo de investigación de Quiñones (2019) donde obtuvo un 65,92 %, al igual que Caldas et al. (2014) con un 66,30 %, resultados muy

distintos a los reportados por Sotero et al. (2013) con 40,60 % y Vargas et al. (2022) con 43,62 %, en estos dos últimos estudios mencionados, los frutos de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) fueron cosechados en la Reserva Nacional de Allpahuayo Mishana, Iquitos. Por otro lado, el porcentaje de humedad de la semilla, Rodríguez y Ramírez (2013) difirió en 16,62 % del 32,22 % obtenido en nuestro estudio. En general, se puede observar que los datos de los diferentes trabajos de investigación presentan variaciones, esto se puede reflejar por varios factores como la época de cosecha, el tipo de lugar de crecimiento de la palmera y el proceso poscosecha que realizan al fruto.

5.3 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ASAÍ POR MÉTODO: PRENSADO EN FRÍO Y SOXHLET

Ortega (2015), obtuvo un rendimiento del 31,9 % al extraer aceite de pulpa de asaí (*Euterpe precatoria* Mart.) mediante el método prensado en frío, este valor es inferior a lo mencionado por Silva (2017) quien obtuvo un 37 %, con pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) clarificada; ambos resultados son superiores al rendimiento alcanzado en este estudio de 24,95 %.

La extracción de aceite de pulpa de asaí por método Soxhlet, Caldas et al. (2014) obtuvieron un rendimiento del 42,67 % utilizando etanol, similar a lo reportado por Ortega (2015) de 42,58 %, donde empleó una mezcla de solventes (propanol, alcohol y hexano); por otro lado, Rodríguez y Ramírez (2013) al usar hexano obtuvo un rango del 30 % al 48 % de rendimiento, nuestro resultado de 32,80 % se encuentra dentro de este rango indicado.

En el último trabajo de investigación mencionado también lograron extraer oleorresina de la semilla de asaí con isopropanol, obteniendo un rendimiento del 34,20 %, superior a lo reportado por Falla (2020) con un 12,36 % (*Euterpe precatoria* Mart.) extraído con etanol, este resultado es relativamente próximo a lo obtenido (16 %).

Al analizar todos los datos señalados con nuestros resultados, podemos decir que, para alcanzar un rendimiento óptimo, hay que tener en cuenta: la variedad de materia prima, los procesos previos a la extracción, el tipo de solvente en el caso de la extracción Soxhlet, el tiempo de extracción, entre otros parámetros.

5.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PULPA Y SEMILLA DEL FRUTO ASAÍ

5.4.1 Análisis de densidad

Los resultados de este estudio mostraron que la densidad del aceite de pulpa de asaí por método prensado en frío, fue de 0,9092 g/mL semejante a los valores reportados por Ortega (2015) con 0,9153 g/mL y Silva (2017) con 0,9247 g/mL. Por otro lado, la densidad del aceite de pulpa de asaí extraído por método Soxhlet fue de 0,9341 g/mL, un valor relativamente cercano a lo mencionado por Ortega (2015) con 0,9061 g/mL y Lima (2022) con 0,910 g/mL. Los resultados de nuestros análisis indican que el aceite de pulpa de asaí extraído por prensado en frío y Soxhlet no ha sufrido alteraciones por agentes externos, siendo este menos denso y más digerible, lo que lo hace apto para su consumo humano u otros fines. La densidad de un aceite es una constante que

no varía mucho mientras esté puro y fresco, pero puede verse afectada por factores como: el tiempo, la exposición a la luz, la temperatura, entre otros. Si la densidad de un aceite no se encuentra dentro de los rangos establecidos por el CODEX STAN 19-1981 (0,88 g/mL a 0,93 g/mL), se puede deducir que el aceite ha perdido su grado de insaturación, es decir, que se ha oxidado. Por ende, nuestros resultados están dentro del rango establecido.

Respecto a la oleorresina de semilla de asaí extraída por método Soxhlet, su densidad fue de 1,1531 g/mL, lo que la hace ligeramente más densa que la *Croton lechleri* más conocido como “sangre de grado” el cual presenta una densidad de 1,10 g/mL según el trabajo de investigación de Cevallos et al. (2016). Se comparó ambas densidades debido a sus similitudes en textura y color.

5.4.2 Humedad

El contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí obtenido por prensado en frío fue de 0,1884 %, inferior al 0,24 % reportado por Silva (2017). En cambio, el aceite de asaí extraído por el método Soxhlet presentó una humedad del 0,3232 %. La diferencia entre ambos valores podría deberse a que, en este último, se utilizó etanol, un solvente que puede quedar en el aceite en cantidades mínimas. Por lo que el aceite prensado en frío se encuentran dentro de los parámetros nacionales e internacionales establecidos para aceites de uso alimenticio según CODEX STAN 210:2014 donde establece un valor máximo de 0,2 % para humedad en aceites vegetales.

El contenido de humedad de la oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet fue de 4,9189 %, similar al 5,17 % reportado por Osorio et al. (2016) para oleorresina de *Pinus caribaea*. Al determinar el porcentaje de humedad los resultados pueden variar por diversos factores, ya sea por la naturaleza de las muestras, el método de extracción, entre otros. En general, las oleorresinas tienen un contenido de humedad entre el 1 %, pero puede llegar al 5 %.

5.4.3 Índice de acidez

El aceite de pulpa de asaí obtenido por prensado en frío presentó un índice de acidez de 0,5437 mg NaOH/g, este valor es inferior a lo obtenido por Silva (2017), quien reportó 1,79 mg KOH/g, y Ortega (2015) quien obtuvo 5,1449 mg KOH/g. Por otro lado, el aceite de asaí extraído por el método Soxhlet presentó un índice de acidez de 6,0696 mg NaOH/g, el cual se acerca a los resultados de Lima (2022) con 7,04 mg KOH/g y Vargas et al. (2022) con 5,61 mg KOH/g. De acuerdo con el CODEX STAN 210:2014, los aceites vegetales refinados, prensados en frío o vírgenes y de palma vírgenes deben tener un índice de acidez máximo de 0,6; 4,0 y 10,0 mg de KOH/g, respectivamente. Dentro de este marco, el índice de acidez del aceite de asaí extraído por prensado en frío, se encuentra dentro de los parámetros normativos establecidos; sin embargo, se debe tener en cuenta que puede incrementarse el índice de acidez del aceite prensado en frío debido a la presencia de pigmentos y compuestos antioxidantes, como clorofila y carotenoides; en el caso del aceite extraído por Soxhlet el índice es mayor, debido al tiempo de extracción y al proceso de separación del solvente y la aplicación de temperatura en cada

proceso. En general, un alto índice de acidez indica un mayor grado de deterioro del aceite, lo que puede provocar sabores indeseables. Esto se debe a varios factores, como el uso de materia prima de baja calidad, el mal manejo de la materia prima, la exposición a la luz, la humedad y el almacenamiento inadecuado. Si un aceite tiene un alto índice de acidez, no se recomienda su consumo.

La oleorresina de semilla de asaí extraído por método Soxhlet obtuvo un índice de acidez de 9,0591 mg NaOH/g, valor próximo a lo reportado por Falla (2020) donde obtuvo un índice de acidez de 9,0686 mg NaOH/g. Si comparamos nuestro resultado con la norma CODEX, la oleorresina de asaí se podría emplear en la industria cosmética al no supera los 10 mg KOH/g.

5.4.4 Índice de peróxido

El aceite de pulpa de asaí prensado en frío presentó bajas tasas de oxidación y deterioro, con un índice de peróxido de 2,0895 meqO_2/kg, muy cercano al valor reportado por Ortega (2015), con 2,0775 meqO2/kg. Por otro lado, el índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí extraído por Soxhlet presentó un 4,2890 meqO_2/kg, similar al encontrado por Ortega (2015) con 4,2467 meqO_2/kg, pero menor al hallado por Vargas et al. (2022) que obtuvieron un índice de 8,94 meqO_2/kg. Según la norma CODEX STAN 210:2014, establece que el índice de peróxido máximo permitido para los aceites comestibles es de 10 meqO_2/kg, al comparar con nuestros resultados demostraron que están dentro de este límite. Herrera et al. (2003) señala que el análisis de índice de peróxido determina el estado de conservación y evalúa el comportamiento futuro

del aceite, por lo que la oxidación del aceite destruye vitaminas liposolubles (A, D, E, caroteno), parte de los ácidos grasos esenciales y paraliza la biosíntesis de la vitamina K. Por ello, es importante que los aceites comestibles tengan un índice de peróxido bajo, un índice elevado de peróxidos demostraría un avance de oxidación o rancidez del aceite.

El índice de peróxido de la oleorresina de semilla de asaí extraída por Soxhlet fue de 5,0702 meqO_2/kg, un valor superior al reportado por Falla (2020) de 4,311 meqO_2/kg. Esta diferencia puede deberse a factores como la variedad de la especie de asaí, el lugar de recolección, el tipo de solvente empleado y el tiempo de extracción.

5.4.5 Índice de saponificación

El índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí prensado en frío fue de 165,86 mg KOH/g, lo que representa un valor inferior a los estudios reportados de Silva (2017) y Ortega (2015), quienes obtuvieron valores de 195 mg KOH/g y 265,3865 mg KOH/g, respectivamente. Por otro lado, el índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí extraído por Soxhlet fue de 190,6133 mg KOH/g, valor superior al reportado por Vargas et al. (2022) quienes obtuvieron un valor de 146,32 mg KOH/g, pero inferior al reportado por Ortega (2015), con 250,4908 mg KOH/g. Al comparar el aceite extraído por Soxhlet y prensado en frío, estos presentaron índices de saponificación diferentes. El aceite extraído por Soxhlet tiene un índice de saponificación mayor, lo que indica que contiene una mayor proporción de ácidos grasos de bajo peso molecular y se requiere más álcali para saponificarse, este a su vez cumple con la norma

CODEX STAN 210-1999, que establecen un rango de índice de saponificación de 184 a 209 mg KOH/g, además es posible su aplicación en la industria de jabones y cosméticos en la cual se exige un valor mínimo de 185 mg KOH/g. El aceite extraído por prensado en frío, por su parte, tiene un índice de saponificación menor, lo que indica que contiene una mayor proporción de ácidos grasos de alto peso molecular, estos ácidos grasos tienen un olor menos fuerte, son más estables a la oxidación, son más espesos, más resistentes al calor y menos inflamables que los aceites con bajo peso molecular. Estas propiedades hacen que sea adecuado para el uso culinario.

La oleorresina de semilla de asaí presentó un índice de saponificación de 245,9067 mg KOH/g valor similar al obtenido por Falla (2020) quien reportó un valor de 246,84 mg KOH/g; la oleorresina de asaí podría ser empleado para la producción de jabones, este rango proporciona una buena combinación de dureza, espuma y propiedades hidratantes.

5.4.6 Índice de yodo

El aceite de pulpa de asaí por pensado en frío presentó un índice de yodo de 70,8651 g I_2/100 g valor cercano al mencionado por Silva (2017) con 75 g I_2/100 g; en cuanto al índice de yodo del aceite de pulpa de asaí extraído por Soxhlet, fue de 60,5509 g I_2/100 g, resultado mayor al obtenido por Vargas et al. (2022) con 49,45 g I_2/100 g. Se sabe que, el índice de yodo sirve para determinar el grado de insaturación del aceite en estudio, en este caso el índice de yodo del aceite de asaí refleja un grado moderado de insaturación, a comparación de otros aceites vegetales; la importancia de este índice está en la relación del punto de fusión o dureza y la densidad de la materia grasa. Los resultados encontrados

de ambas extracciones, se encuentran dentro del rango establecido por el CODEX 210-1999, determinando valores máximos de 58 a 75 g I_2/100 g. El índice de yodo observado en el aceite de asaí lo ubica en el grupo de los aceites no secos, siendo menos susceptibles de sufrir auto oxidación y por lo tanto convenientes para su uso alimentario (Alsberg y Taylor, 1928).

El índice de yodo de la oleorresina de semilla de asaí extraído por Soxhlet, fue de 130,4583 g I_2/100 g, valor relativamente inferior al reportado por Falla (2020) quien obtuvo un 135,81 g I_2/100 g.

5.4.7 Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí prensado en frío fue de 1 065 mg EAG/100 g, este valor es superior al trabajo de investigación realizada por Silva (2017) quien empleó residuos del procesamiento de asaí y obtuvo un valor de 439,37 EAG/100 g, sin embargo Ortega (2015) encontró 1 050 mg EAG/100 g, siendo un valor relativamente cercano a nuestro resultado.

Por otro lado, el contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí extraído por Soxhlet con etanol fue de 6 583,3 mg EAG/100 g, valor superior a lo reportado por Vargas et al. (2022) con 120,34 mg EAG/100 g, pero inferior al obtenido por Ortega (2015) con 11 010,5 mg EAG/100 g, esta diferencia puede deberse a que, en este último estudio, se utilizó la especie *Euterpe precatoria* Mart. y una mezcla de solventes para su extracción de aceite.

La comparación de los resultados obtenidos, muestra que el método Soxhlet es más eficaz para la extracción de polifenoles totales que por prensado en frío. Esto se debe a que el método Soxhlet permite un contacto prolongado del solvente con la muestra, que a su vez arrasa con este tipo de compuestos; además se ha demostrado que la temperatura empleada en este tipo de extracción, no degrada totalmente los compuestos fenólicos presentes en el aceite.

El contenido de polifenoles totales de la oleorresina de la semilla de asaí obtenida por Soxhlet fue de 5 332 mg EAG/100g; según Rodríguez y Ramírez (2013) la oleorresina presenta una importante actividad antioxidante con un 199 µM Trolox/g de extracto, esto tiene relación a nuestro resultado con el contenido de polifenoles presentado.

VI. CONCLUSIONES

- Las características biométricas del fruto fresco de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) procedente del distrito Campo Verde, presentó en promedio una longitud 1,80 cm, diámetro 1,61 cm y peso 2,33 g, determinando que, la pulpa constituye el 29 % y la semilla el 71 %, del peso total del fruto.

- Las características fisicoquímicas del aceite de pulpa de asaí extraído por los métodos Soxhlet y prensado en frío presentan diferencias, siendo este último el que muestra mejores propiedades en todos los parámetros analizados teniendo una densidad de 0,9092 g/mL, humedad 0,1884 %, índice de acidez 0,5437 mg NaOH/g, índice de peróxido 2,0895 meqO_2/Kg, índice de saponificación 165,860 mg KOH/g e índice de yodo 70,8651 g I_2/100 g.

- La extracción del aceite de semilla de asaí (oleorresina), solo se obtuvo por el método Soxhlet, presentando las siguientes características fisicoquímicas: densidad 1,1531 g/mL, humedad 4,9189 %, índice de acidez 9,0591 mg NaOH/g, índice de peróxido 5,0702 meqO_2/Kg, índice de saponificación 245,9067 mg KOH/g e índice de yodo 130,4583 g I_2/100 g.

- La extracción por el método Soxhlet (etanol) mostró mayor rendimiento promedio en la obtención de aceite de pulpa de asaí (32,80 %), seguido por el método prensado en frío (24,95 %). Además, demuestra una eficaz

aplicación en la extracción de aceite (oleorresina) de semilla de asaí, logrando un rendimiento del 16 %.

- El aceite de pulpa de asaí extraído por el método Soxhlet presenta en promedio, mayor contenido de polifenoles (6 583 mg EAG/100 g), que el método prensado en frío (1 065 mg EAG/100 g).

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones sobre la oleorresina de semilla de asaí utilizando diferentes tipos de solventes y evaluar sus características fisicoquímicas, ya que presenta propiedades interesantes para el desarrollo de nuevos productos.

- Para obtener un rendimiento óptimo de aceite de asaí, se recomienda trabajar con frutos que hayan concluido su madurez fisiológica.

- Si se busca obtener un aceite con un contenido significativamente alto de polifenoles totales, se aconseja optar por el método de extracción Soxhlet utilizando etanol, debido a que este método garantiza una mayor presencia de estas sustancias bioactivas.

- Promover campañas informativas que resalten los beneficios del fruto asaí para la salud y su vez, apoyar a los productores locales brindado asistencia técnica y/o financiera.

- Se sugiere realizar un estudio económico que evalúe la viabilidad de producción de aceite de pulpa de asaí, utilizando los resultados de rendimiento obtenidos en esta investigación. Este enfoque busca promover el desarrollo agroindustrial de este cultivo, aprovechando las propicias condiciones agroecológicas presentes en regiones tropicales como Ucayali.

VIII. LITERATURA CITADA

Alonso, J. R. (2012). El fruto de asaí (Euterpe oleracea) como oxidante. *Rev. Fitoter*, 149–157.

Alsberg, C., y Taylor, A. E. (1928). The fats and oils: a general view (No. 1). Food Research Institute.

AOAC (2000). Official Methods of Analysis (17th ed., Method 930.15) Association of Official Analytical Chemist, Washington, EUA.

Baltazar Ramos, V. I., Sandoval Aquino, E. A., y Toledo Ruiz, M. V. (2018). *Investigación aplicada para el estudio del Acaí como cultivo alternativo en beneficio de las comunidades nativas de la selva baja del Perú*.

Betancourth, C. F. (2021). *Guía Educativa: Pulpa de Asaí*.

Buratto, R. T., Cocero, M. J., y Martín, Á. (2021). Characterization of industrial açaí pulp residues and valorization by microwave-assisted extraction. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, *160*. https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108269

Caldas Zúñiga, E. K., Cortés Araújo, J. de la P., y Cortés Henao, L. F. (2014). Extracción y Caracterización de Aceite de Naidí. *Noos*, *6*(2).

Castillo Quiroga, Y. M., Hernández Gómez, M. S., y Lares, M. (2017). Componentes Bioactivos del Asai (Euterpe oleracea Mart. y Euterpe precatoria Mart.) y su efecto sobre la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, *36*(3).

Castro Rodríguez, S. Y., Barrera García, J. A., Carrillo Bautista, M. P., y Hernández Gómez, M. S. (2015). *Asaí (Euterpe precatoria) Cadena de valor en el sur de la región amazónica*. www.sinchi.org.co

Cevallos-Verdesoto, D. O., Jaramillo-Jaramillo, C., Cuesta-Rubio, O., Zaldua, J., Garcia-Simón, G., y de Astudillo, L. R. (2016). Chemical composition, healing activity and toxicity of Croton lechleri latex | Composición química, actividad cicatrizante y toxicidad del látex de Croton lechleri. *Revista Cientifica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, *26*(2).

Codex Alimentarius. (2014). Norma para aceites vegetales especificados (STAN 210-1999).

Codex Alimentarius. (2021). Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales (STAN 19-1981).

Codex Alimentarius. (2022). Norma para aceites vegetales especificados (STAN 210-1999).

Costa de Castro, R., Santana Costa, L. F., Dias de Alcântara da Costa, L. M., y Candido Martins, G. B. (2021). *Extração e análise de propriedades físico-químicas do óleo de açaí (Euterpe oleracea Mart*.). *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, *10*(8), e24610817358. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17358

Cymerys, M., Shanley, P., Vogt, N., y Brondizio, E. (2005). *Açaí (euterpe oleracea Mart).*

Espinosa Acosta, C. (2021). Extracción etanólica de aceite de semillas de Moringa oleífera. *Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura*, *2*(1).

Falla Cortes, S. (2020). *Evaluación técnico-financiera para la producción del aceite de açaí partiendo de los residuos del proceso de despulpado para Green and Inclusive Group SAS*. Fundación Universidad de América.

Guerra Cala, R. I. (2021). *Estudio del aprovechamiento del residuo sólido de semilla de acaí (Euterpe Precatoria Mart.) en la industria química.*

Herrera, C; Bolaños, N; y Lutz, G. (2003). *Química de Alimentos* (Primera ed.). Universidad de Costa Rica Ciudad Universitaria.

INDECOPI. (2019). *Acaí*. https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/3180041/Acai.pdf/69d4fa7f-fed9-4c49-fdd4-0af4d2984257

Instituto Nacional de Calidad. (2016). NTP 209.004:1968 Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del contenido de humedad y materias volátiles.

Instituto Nacional de Calidad. (2016). NTP 209.006:1968 Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de peróxido. (1a ed.).

Instituto Nacional de Calidad. (2016). NTP 209.058:1980 Aceites y grasas comestibles. Método de determinación del índice de saponificación. (1a ed.).

International Organization for Standardization. (2018). ISO 3961 Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de yodo.

International Organization for Standardization. (2020). ISO 660 Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez.

Laurindo, L. F., Barbalho, S. M., Araújo, A. C., Guiguer, E. L., Mondal, A., Bachtel, G., y Bishayee, A. (2023). Açaí (Euterpe oleracea Mart.) in health and disease: A critical review. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 4). MDPI. https://doi.org/10.3390/nu15040989

Lezama Guerra, K. S. (2017). *Determinación de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del aceite de uva (Vitis vinífera) obtenido con y sin tratamiento enzimático*.

Lima, E. F. (2022). *Análise físico-química e espectrofotométrica de óleo de açaí (Euterpe oleracea Mart.)*.

Morales Pérez, A. N. (2022). *Estudio del crecimiento vegetativo del asaí (Euterpe oleracea) en fase de adaptación en Pie de Monte Llanero.*

Oliveira do Nascimento, W. M. (2008). *Açaí Euterpe oleracea Mart.* http://www.inpa.gov.br

Ortega Romero, E. C. (2015). *Obtención del aceite vegetal de Euterpe precatoria Mart.(Asaí) por diferentes métodos de extracción: evaluación del rendimiento y calidad (características físico-químicas, actividad antioxidante y estabilidad)*.

Osorio Pérez, C. M., Cueva-Gálvez, G. E., y Gonzáles Mora, H. E. (2016). Caracterización de la oleorresina de Pinus caribaeae obtenido por sistema de pica de corteza con ácido sulfúrico. *Revista Forestal Del Perú*, *31*(2). https://doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1027

Peralta Ramos, R. (2009). *Producción y comercialización de una línea de cosméticos a base de aceite de açaí*.

Quiñones Ruiz, C. E. (2019). *Determinación de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante del ungurahui (Oenocarpus Bataua Mart.), sinamillo (Oenocarpus Mapora H. Karst.) y huasai (Euterpe Oleracea Mart.).*

Restrepo G, F., y Löwenberg Neto, P. (2016). *Nicho ecológico y distribuición geográfica de Euterpe Oleracea Mart. en el neotrópico.*

Rodríguez, L. I., y Ramírez, H. L. (2013). Potencial de recuperación de aceite a partir de pulpa de asaí (Euterpe olerácea Mart.) producido en el pacífico colombiano. *Alimentos Hoy*, *22 (28)*, 40–53.

Silva Matos, T. O. (2017). *Compostos voláteis, perfil de aroma, de ácidos graxos e potencial antioxidante de óleo extraído por prensagem a frio de resíduo agroindustrial de açaí (Euterpe oleracea Mart.)*.

Sotero, V., Maco, M., Merino-Zegarra, C., Vela, E., Dávila, É., y García, D. (2013). Caracterización química y evaluación antioxidante de frutos y raíces de Euterpe oleracea y Euterpe precatoria. In *Rev Soc Quím Perú* (Vol. 79, Issue 3).

Vargas Arana, G., Merino Zegarra, C., Maytahuari Aricari, G., y Ochoa Ipushima, M. (2022). Valor nutricional y capacidad antioxidante de cuatro frutos de palmeras nativas de la Amazonía Peruana. *Folia Amazonica*, *31*(1), 17–29. https://doi.org/10.24841/fa.v31i1.557

IX. ANEXO

Anexo 1. Métodos de análisis fisicoquímicos del aceite

A. Densidad - Norma CODEX (STAN 210-1999) revisada el 2021

Se obtuvo el peso del picnómetro vacío, con agua y con cada muestra de aceite en la balanza analítica. El cálculo se realizó, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{Wm}{Wa}$$

Donde:

- *Wm* es la masa del aceite
- *Wa* es la masa del agua

B. Determinación del contenido de humedad - Norma Técnica Peruana 209.004 (1968) revisada el 2016

Se pesó 5 g de muestra y se vertió en un vaso precipitado de 100 mL previamente pesado; en una plancha se calentó la muestra, rotando suavemente con la mano para evitar salpicaduras debidas a una ebullición rápida del agua, hasta ver el cese de levantamiento de burbujas de vapor. Luego, se enfrió en el desecador y se obtuvo el peso final de la muestra. Por último, se realizó el cálculo, con la siguiente fórmula:

$$\%\, H = \frac{Pérdida\ de\ Peso\ x\ 100}{Peso\ de\ la\ muestra}$$

C. Índice de acidez - ISO 660 (2020)

Se pesó 2 g de muestra de aceite en un matraz Erlenmeyer (250 mL), se añadió 50 mL de alcohol etílico 95° y se agregó tres gotas de indicador de fenolftaleína al 1 % y se agitó. Posteriormente, se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta que la mezcla se tornó de un ligero color rosa. Luego se midió el volumen de NaOH gastado en la titulación. Por último, se realizó el cálculo de la acidez con la siguiente formula:

$$IA = \frac{V\ x\ N\ x\ 56{,}1}{W}$$

Donde:

- *IA* expresa los miligramos de NaOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres (oleico) de la muestra.
- *V* es el volumen en mL de la solución valorada de NaOH utilizada.
- *N* es la concentración normal de NaOH
- *W* el peso en gramos de la muestra de aceite utilizada.

D. Índice de peróxido - Norma Técnica Peruana 209.006 (1968) revisada el 2016

Se pesó 1 g de muestra en un frasco Erlenmeyer (250 mL). Donde se adicionó 30 mL de solución de ácido acético y cloroformo y se tapó con papel aluminio, se removió el frasco hasta que la muestra se disuelva en la solución. Se agregó 0,5 mL de solución saturada de yoduro de potasio con una pipeta volumétrica, se agitó la solución por un periodo de 1 minuto y luego se agregó 30 mL de agua destilada.

Se adicionó 0,5 mL de solución de almidón indicador y se tituló con solución de tiosulfato de sodio 0,01 N, agregándose gradualmente y en agitación vigorosa. hasta que el color azul desaparezca.

Por último, se realizará el cálculo, el valor de peróxido como miliequivalente de peróxido por 1 000 g de muestra.

$$IP = \frac{S\ x\ N\ x\ 1000}{Peso\ de\ la\ muestra}$$

Donde:

- *S* es mL de solución de tiosulfato de sodio usado en la titulación.
- *N* la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

E. Índice de saponificación - Norma Técnica Peruana 209.058 (1980) revisada el 2016

Se procedió a pesar 2 g de muestra en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, se agregó 25 mL de solución alcohólica de hidróxido de potasio, la muestra se puso a hervir a reflujo durante 60 min. Después se dejó enfriar la muestra y se añadió 1 mL de la solución de fenolftaleína, luego se valoró con ácido clorhídrico 0,5 N hasta viraje del indicador. Simultáneamente se realizó un ensayo en blanco; operando en la misma forma que con la muestra. Por último, se realizó el cálculo, con la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{56{,}10\ (V1 - V2)\ N}{G}$$

En donde:

- *IS* el índice de saponificación de la muestra
- *V1* el volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la valoración del ensayo en blanco, en centímetro cúbicos.
- *V2* el volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la valoración de la muestra, en centímetro cúbicos.
- *N* la normalidad de la solución de ácido clorhídrico.
- *G* el peso de la muestra empleada en el ensayo, en gramos.

F. Índice de yodo - Método de Wijs de conformidad con la ISO 3961 (2018)

Se pesó 0,2 g de muestra de aceite, en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, los cuales fueron mezclados, se añadió una mezcla de ciclohexano y ácido acético glacial y se agitó vigorosamente. Posterior se añadió 25 mL de reactivo de Wijs con una pipeta, se tapó el matraz de Erlenmeyer con papel aluminio y se dejó reposar en la oscuridad por 30 minutos al finalizar el tiempo de reacción se añadió 20 mL de yoduro de potasio y 150 mL de agua destilada. Se tituló con una solución de tiosulfato de sodio 0,1 N utilizando almidón como indicador. Simultáneamente se realizó un ensayo en blanco; operando en la misma forma que con la muestra. Por último, se realizó el cálculo, con la siguiente fórmula:

$$IY = \frac{(B - M)\ x\ 12{,}69}{W}$$

Donde:

- *IY* es el Índice de Yodo expresado en gramos de Iodo que reaccionan con 100 gramos de muestra

- *B*: Gasto en mL de la solución de tiosulfato de sodio en la titulación del blanco
- *M*: Gasto en mL de la solución de tiosulfato de sodio en la titulación de la muestra
- *N* es la normalidad de la solución de tiosulfato
- W la masa de la muestra en gramos.

G. Determinación de Polifenoles Totales por método Folin-Ciocalteu

Para la determinación de los compuestos fenólicos de las muestras de aceite de asaí, se empleó el método Folin-Ciocalteau descrito por Lezama (2017).

G.1 Preparación de la recta de calibrado

Se preparó a partir de varias disoluciones de ácido gálico como se especifica en el cuadro a continuación; para ello se enumeró los microtubos eppendorff, posteriormente a cada tubo se añadió 40, 80, 120, 160 y 200 µL de ácido gálico, 1500 µL de agua destilada y 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu, seguidamente se agitó en el vórtex a 3000 rpm por 5 min y se agregó 200 µL de carbonato de sodio a cada tubo, nuevamente se agitó en el vórtex a 3000 rpm y se mantuvo en un ambiente oscuro, transcurridos 30 minutos se midió la absorbancia con el espectrofotómetro a 765 nm.

Preparación de la curva patrón de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales

N° de tubo	Ácido Gálico (µL)	Solución extractora (µL)	Concentración de Ácido Gálico (mg/mL)	H_2O (µL)	Folin-Ciocalteau (µL)	$NaCO_3$ (µL)
Blanco	0	200	0,00	1500	100 [A]	200 [B, C]
1	40	160	0,02			
2	80	120	0,04			
3	120	80	0,06			
4	160	40	0,08			
5	200	0	0,10			

[A] : Agitar y reposar por 5 min,

[B] : Agitar y reposar por 30 min. (Ambiente oscuro)

[C] : Lectura en el Espectrofotómetro a 765nm.

G.2 Preparación para la cuantificación de polifenoles totales en base a la muestra

Se pesó 15 g de aceite en un matraz Erlenmeyer. Se adicionó 20 mL de hexano, y se agitó en un tubo Falcon con ayuda de un agitador vortex 3000 rpm, hasta que el aceite se disolvió completamente. La mezcla se transfirió a una ampolla de decantación, procediendo la extracción con una mezcla de metanol y agua destilada en una proporción de 40:60, utilizando un volumen total de 50 mL, lo cual fue fraccionado en tres volúmenes de 15, 15 y 20 mL. Las 3 alícuotas de la extracción se transfirió a un matraz aforado de 50 mL enrasando con la mezcla MeOH/H_2O. De este extracto se tomó 200 µL, y se procedió a añadir los demás reactivos descritos a continuación.

Preparación para la cuantificación de polifenoles totales en base a la muestra.

N° de tubo	Extracto (µL)	H_2O (µL)	Folin-Ciocalteau (µL)	$NaCO_3$ (µL)
A	200	1500	100 [A]	200 [B,C]
B	200			
C	200			
D	200			

[A] : Agitar y reposar por 5 min,
[B] : Agitar y reposar por 30 min. (Ambiente oscuro)
[C] : Lectura en el Espectrofotómetro a 765nm.

Anexo 2. Base de datos de las características biométricas de los frutos frescos de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

Fruto entero fresco			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
1	2,27	2,12	1,97
2	2,56	2,18	2,01
3	2,39	2,16	1,94
4	2,50	2,18	1,94
5	2,18	2,11	1,92
6	2,38	2,01	1,96
7	2,04	2,05	1,85
8	2,30	1,96	1,94
9	2,41	2,17	1,94
10	2,46	2,15	1,93
11	2,13	2,06	1,93
12	2,76	2,24	2,01
13	2,44	2,16	1,95
14	1,89	2,07	1,81
15	1,92	2,05	1,86
16	2,30	2,12	1,96
17	2,59	2,15	1,98
18	2,29	2,16	1,91
19	2,66	2,21	2,00
20	2,48	2,14	1,99

Fruto entero fresco			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
21	2,36	1,66	1,44
22	2,12	1,59	1,41
23	2,23	1,59	1,39
24	2,24	1,61	1,44
25	1,95	1,56	1,36
26	2,44	1,67	1,52
27	2,60	1,65	1,50
28	2,36	1,64	1,44
29	2,20	1,60	1,42
30	2,20	1,60	1,43
31	2,59	1,71	1,53
32	2,03	1,59	1,40
33	2,45	1,66	1,45
34	2,46	1,66	1,52
35	1,96	1,55	1,36
36	2,16	1,59	1,40
37	2,11	1,58	1,39
38	2,18	1,61	1,41
39	2,81	1,75	1,55
40	2,68	1,72	1,47

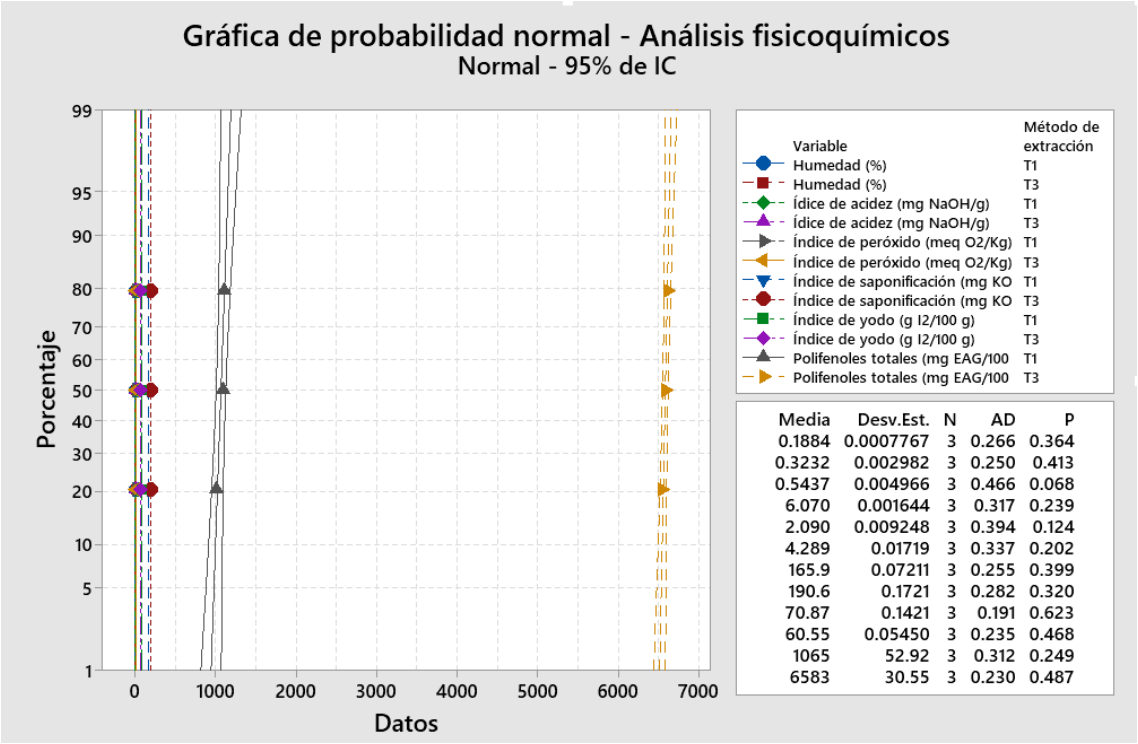
Fruto entero fresco			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
41	2,53	1,69	1,51
42	2,37	1,66	1,45
43	2,49	1,68	1,45
44	2,17	1,59	1,41
45	2,36	1,64	1,45
46	2,02	1,58	1,38
47	2,28	1,63	1,44
48	2,38	1,66	1,43
49	2,44	1,65	1,43
50	2,11	1,56	1,41
51	2,74	1,73	1,52
52	2,42	1,67	1,44
53	1,88	1,54	1,33
54	1,92	1,55	1,34
55	2,27	1,60	1,43
56	2,57	1,66	1,48
57	2,27	1,66	1,41
58	2,63	1,71	1,50
59	2,46	1,64	1,47
60	2,29	1,62	1,43

Semilla entera fresca			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
1	1,36	1,38	1,19
2	1,58	1,44	1,25
3	1,36	1,39	1,19
4	1,73	1,51	1,28
5	1,56	1,43	1,26
6	1,51	1,42	1,25
7	1,55	1,44	1,25
8	2,03	1,58	1,39
9	1,53	1,43	1,24
10	1,83	1,50	1,36
11	1,74	1,49	1,32
12	1,68	1,51	1,28
13	1,39	1,41	1,21
14	1,74	1,51	1,31
15	1,47	1,42	1,27
16	1,47	1,43	1,24
17	1,92	1,54	1,34
18	1,55	1,44	1,27
19	1,85	1,54	1,32
20	1,66	1,46	1,28

Semilla entera fresca			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
21	1,28	1,38	1,15
22	1,67	1,47	1,29
23	1,62	1,48	1,29
24	2,01	1,56	1,37
25	1,72	1,48	1,28
26	1,78	1,49	1,34
27	1,74	1,50	1,32
28	1,87	1,51	1,37
29	1,56	1,45	1,26
30	1,82	1,51	1,35
31	1,84	1,52	1,36
32	1,67	1,47	1,28
33	1,88	1,52	1,33
34	1,72	1,53	1,29
35	1,79	1,51	1,30
36	1,47	1,40	1,28
37	1,34	1,39	1,20
38	1,37	1,39	1,19
39	1,78	1,50	1,32
40	1,62	1,46	1,31

Semilla entera fresca			
N°	Peso	Longitud	Diámetro
41	1,55	1,43	1,35
42	1,61	1,50	1,36
43	1,87	1,49	1,28
44	1,25	1,51	1,33
45	1,45	1,41	1,29
46	1,58	1,51	1,30
47	1,74	1,42	1,28
48	1,89	1,43	1,28
49	1,53	1,54	1,19
50	1,81	1,51	1,25
51	1,84	1,38	1,19
52	1,69	1,47	1,28
53	1,88	1,48	1,26
54	1,79	1,56	1,25
55	1,77	1,48	1,25
56	1,47	1,49	1,39
57	1,29	1,50	1,24
58	1,37	1,51	1,36
59	1,38	1,45	1,32
60	1,88	1,51	1,28

Anexo 3. Gráfica de probabilidad normal de los análisis fisicoquímicos



Anexo 4. Análisis de varianza (ANOVA)

A. Análisis de varianza de la densidad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	0.000927527	0.000927527	10702.23	0.0000
Error	4	3.46667E-7	8.66667E-8		
Total	5	0.000927873			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 99.96 %

B. Análisis de varianza del contenido de humedad del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	0.02727	0.02727	5745.09	0.0000
Error	4	0.0000189867	0.00000474667		
Total	5	0.027289			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2:99.93 %

C. Análisis de varianza del índice de acidez del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	45.8034	45.8034	3347382.91	0.0000
Error	4	0.0000547333	0.0000136833		
Total	5	45.8034			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 100.00 %

D. Análisis de varianza del índice de peróxido del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	7.25648	7.25648	38098.43	0.0000
Error	4	0.000761867	0.000190467		
Total	5	7.25724			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 99.99 %

E. Análisis de varianza del índice de saponificación del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción.

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	919.091	919.091	52770.79	0.0000
Error	4	0.0696667	0.0174167		
Total	5	919.161			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 99.99 %

F. Análisis de varianza del índice de yodo del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción.

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	159.575	159.575	13786.81	0.0000
Error	4	0.0462979	0.0115745		
Total	5	159.621			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 99.97 %

G. Análisis de varianza del contenido de polifenoles totales del aceite de pulpa de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.), por método de extracción.

F. V	G.L	S.C	C.M	Razón-F	Valor-P
Métodos	1	4.5678E7	4.5678E7	24470.36	0.0000
Error	4	7466.67	1866.67		
Total	5	4.56855E7			

F.V: Fuente de Variación; G.L: grado de libertad; S.C: Suma de cuadrados; C.M: Cuadrado medio. R^2: 99.98 %

Anexo 5. Galería fotográfica de ejecución de tesis

Foto 1. Cosecha de frutos de asaí (*Euterpe oleracea* Mart.) de la empresa Campodrim S.A.C., distrito Campo Verde.



Foto 2**.** Proceso de deshidratado de pulpa y semilla de asaí en cabina de secado.



Foto 3. Extracción de aceite de pulpa de asaí por prensado en frío.



Foto 4. Proceso de extracción de aceite de pulpa y semilla por método Soxhlet (etanol)



Foto 5. Supervisión de ejecución de tesis por parte del jurado evaluador



Foto 6. Caracterización biométrica de los frutos de asaí



Foto 7. Determinación de humedad de los frutos de asaí



Foto 8. Determinación de rendimiento de extracción de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 9. Análisis de densidad de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 10. Determinación de contenido de humedad de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 11. Análisis del índice de acidez de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 12. Análisis del índice de peróxido de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 13. Análisis del índice saponificación de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 14. Análisis del índice yodo de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 15. Preparación de muestras para la determinación de contenido de polifenoles totales de aceite de pulpa y semilla de asaí



Foto 16. Determinación de contenido de polifenoles totales de aceite de pulpa y semilla de asaí

