



UNAP



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

TESIS

**PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, CARACTERIZACIÓN DE
ÁCIDOS GRASOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE
ACEITES DE *Oenocarpus bataua* “UNGURAHUI”
COLECTADOS EN ÉPOCAS DE
CRECIENTE Y VACIANTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

GOBER MAYTAHUARI ARICARI

ASESORES:

Ing. WILFREDO RUIZ MESIA, Dr.

Ing. GABRIEL EMILIO VARGAS ARANA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
Facultad de Ingeniería Química



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 009-CGT-FIQ-UNAP-2022

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 13 días del mes de Agosto de 2022, a horas 10:00 am, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **“PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS, CARACTERIZACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE ACEITES DE *Oenocarpus bataua* “UNGURAHUI” COLECTADOS EN ÉPOCAS DE CRECIENTE Y VACIANTE ”**, aprobado con Resolución Decanal N° 190-2022-FIQ-UNAP, presentado por el Bachiller: **Gober Maytauari Aricari**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 042-2022-FIQ-UNAP está integrado por:

Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ DE ARAUJO, Dra.	Presidente
Ing. CARLOS ARÉVALO TORRES, Mgr.	Miembro
Ing. ROBINSON SALDAÑA RAMÍREZ, Mtro.	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: satisfactoriamente

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: aprobada con la calificación Buena, estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las 11:45 am se dio por terminado el acto de Sustentación

Maritza Echevarria

Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ DE ARAUJO, Dra.
Presidente de Jurado

Carlos Arévalo

Ing. CARLOS ARÉVALO TORRES, Mgr.
Miembro

Robinson Saldaña

Ing. ROBINSON SALDAÑA RAMÍREZ, Mtro.
Miembro

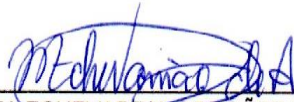
Wilfredo Ruiz

Ing. WILFREDO RUIZ MESIA, Dr.
Asesor

Gabriel Emilio Vargas

Ing. GABRIEL EMILIO VARGAS ARANA, Dr.
Asesor


JURADOS Y ASESORES



Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDÓÑEZ DE ARAUJO, Dra.
Presidente de Jurado



Ing. CARLOS AREVALO TORRES, Mgr.
Miembro



Ing. ROBINSON SALDAÑA RAMÍREZ, Mtro.
Miembro



Ing. WILFREDO RUIZ MESIA, Dr.
Asesor



Ing. GABRIEL EMILIO VARGAS ARANA, Dr.
Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mis padres Román y Corina que son la base fundamental en mi formación como profesional, quienes con su amor y esfuerzo me han permitido lograr uno de mis sueños, a mis hermanos José Luis, Rosa Isabel y Carolina que siempre están apoyándome en los momentos que más los necesito.

Gober

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la sabiduría y conocimiento para concluir con este trabajo de investigación.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

Al Dr. Gabriel E. Vargas Arana; por el asesoramiento, tiempo, dedicación y amistad, para poder concluir con el presente trabajo de Investigación.

Al Dr. Wilfredo Ruiz Mesia, por su tiempo, dedicación y por el asesoramiento brindado en este trabajo de investigación.

A la Ingeniera Claudia Merino Zegarra e Ingeniera Leonor Arévalo Encinas, por sus recomendaciones en la realización del presente trabajo de investigación y sobre todo por la amistad, afecto y confianza brindada.

Gober

INDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
Portada	i
Acta de sustentación	ii
Jurados y asesores	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Indice de contenidos	vi
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	5
1.3. Definición de términos básicos	8
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	11
2.1. Formulación de la hipótesis	11
2.2. Variables y su operacionalización	11
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño	13
3.2. Diseño muestral	13
3.3. Procedimientos de recolección de datos	14
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	40
3.5. Aspectos éticos	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	41
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	43
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	48
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	49
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	50
ANEXOS	55
1. Estadística complementaria	55
2. Instrumentos de recolección de datos	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de <i>O. bataua</i>	5
Figura 2. Frutos de <i>O. bataua</i>	7
Figura 3. Recolección del fruto	16
Figura 4. Frutos seleccionados y lavados	17
Figura 5. Frutos triturados de <i>O. bataua</i>	18
Figura 6. Secado de la pulpa o cascara	18
Figura 7. Extracción del aceite	19
Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención del aceite (Perú)	20
Figura 9. Diagrama de flujo para la obtención del aceite (Brasil)	21
Figura 10. Diagrama de flujo de la determinación de ácidos grasos	23
Figura 11. Flujograma de la determinación de índice de saponificación	25
Figura 12. Flujograma de la determinación de índice de peróxido	27
Figura 13. Flujograma de la determinación del yodo	29
Figura 14. Flujograma de determinación de materia Insaponificable	31
Figura 15. Diagrama de flujo de la determinación de la densidad	32
Figura 16. Diagrama de flujo de la caracterización de ácidos grasos	35
Figura 17. Determinación de actividad antioxidantes en aceites.	39
Figura 18. Aceites <i>O. bataua</i> “ungurahui”	68
Figura 19. Determinación de ácidos grasos libres (índice de acidez)	69
Figura 20. Determinación del índice de saponificación	69
Figura 21. Determinación del índice de peróxido	70
Figura 22. Determinación del índice de yodo	71
Figura 23. Determinación de materia insaponificable	72
Figura 24. Determinación de la densidad	73
Figura 25. Determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH	74
Figura 26. Cromatograma de ácidos grasos <i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/creciente)	75
Figura 27. Cromatograma de ácidos grasos <i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/vaciante)	76
Figura 28. Cromatograma de ácidos grasos <i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/creciente)	77
Figura 29. Cromatograma de ácidos grasos <i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/vaciante)	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal de los frutos de <i>Oenocarpus bataua</i>	8
Tabla 2. Condiciones del equipo de cromatografía de gases para el análisis de ácidos grasos.	34
Tabla 3: Curva de calibración Trolox - DPPH	37
Tabla 4. Extracto metanólico de aceite	38
Tabla 5. % Rendimiento del aceite (Perú, Brasil)	41
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite (Perú, Brasil)	41
Tabla 7. Caracterización de ácidos grasos del aceite (Perú, Brasil)	42
Tabla 8. Actividad antioxidante del aceite (Perú, Brasil)	42
Tabla 9. Rendimiento porcentual de aceites (Perú)	55
Tabla 10. Rendimiento porcentual de aceites (Brasil)	56
Tabla 11. % de ácidos grasos libres (Perú)	57
Tabla 12. % de ácidos grasos libres (Brasil)	57
Tabla 13. Índice de saponificación de aceites (Perú)	58
Tabla 14. Índice de saponificación de aceites (Brasil)	58
Tabla 15. Índice de peróxidos de aceites (Perú)	59
Tabla 16. Índice de peróxidos de aceites (Brasil)	59
Tabla 17. Índice de yodo de aceites (Perú)	60
Tabla 18. Índice de yodo de aceites (Brasil)	60
Tabla 19. % de materia insaponificable de aceites (Perú)	61
Tabla 20. % de materia insaponificable de aceites (Brasil)	61
Tabla 21. Densidad de aceites (Perú)	62
Tabla 22. Densidad de aceites (Brasil)	63
Tabla 23. Curva estándar Trolox - DPPH	64
Tabla 24. actividad antioxidante de aceites (Perú)	65
Tabla 25. actividad antioxidante de aceites (Brasil)	65
Tabla 26. Ácidos grasos de aceites (Perú, creciente)	66

Tabla 27. Ácidos grasos de aceites (Perú, vaciante)	66
Tabla 28. Ácidos grasos de aceites (Brasil, creciente)	67
Tabla 29. Ácidos grasos de aceites (Brasil, vaciante)	67

ÌNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía	5
Cuadro 2. Operacionalización de variables	12

LISTA DE ABREVIATURAS

µg	: microgramo
µl	: microlitro
A ₀	: Absorbancia
A. A	: Actividad antioxidante
Ác	: Ácido
%H	: Porcentaje de Humedad
%A	: Porcentaje de aceite
cm	: centímetro
cm ³	: centímetro cúbico
DPPH	: 2,2-Difenil-1-1 Picrilhidrazil
g	: gramo
Kg	: kilogramo
L	: litro
M	: molaridad
meq	: miliequivalentes
mg	: miligramo
min	: minutos
mL	: mililitro
mm	: milímetro
ms	: muestra seca
mf	: muestra fresca
n	: número de repeticiones
nm	: nanómetro
ppm	: partes por millón
TEAC	: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity.

RESUMEN

El estudio de investigación ha tenido como objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas, composición de ácidos grasos y actividad antioxidante de los aceites de los frutos de *Oenocarpus bataua* “ungurahui” recolectados en Perú y Brasil en las épocas de creciente y vaciante”. El tipo de estudio fue evaluativo con diseño comparativo, teniendo como población a los frutos de *O. bataua* “ungurahui” recolectados aleatoriamente de la reserva nacional Alpahuayo Mishana, en el departamento de Loreto-Perú y en la reserva forestal Adolpho Ducke (Reserva Ducke) de Manaus-Brasil. Los resultados obtenidos del porcentaje de aceite de los frutos recolectados en época creciente fueron 17,08% (Perú) y 19,06% (Brasil); en época vaciante 15,41%(Perú) y 18,23% (Brasil). La comparación de los resultados fisicoquímicos de los aceites de los frutos de *O. bataua* “ungurahui” recolectados en diferentes épocas (creciente y vaciante) en Perú y Brasil son diferentes según los resultados: el índice de acidez es 4,01 y 4,06; 2,72 y 3,35 mgKOH/g; índice de saponificación 194,48 y 179,69; 192,21 y 167,75 mgKOH/g; índice de peróxidos 14,63 y 12,22; 5,28 y 5,14 meqO₂/Kg; índice de yodo 74,01 y 77,18; 72,39 y 71,89 gl₂/100g; el material Insaponificable 0,44 y 0,42; 0,30 y 0,32 % y la densidad 0,90 y 0,91; 0,91 y 0,91(g/cm³). Se determinó la caracterización de ácidos grasos por cromatografía gaseosa, encontrándose principalmente ácidos grasos insaturados 83,54 y 83,79% (creciente); 84,70 y 85,45 % (vaciante), así mismo se determinó presencia de ácidos grasos saturados encontrándose 16,46 y 16,21 % (creciente); 15,30 y 14,55 % (vaciante). Se realizó la actividad antioxidante empleando el método: captura de radicales libres DPPH; presentando mayor actividad antioxidante en los frutos recolectados en época vaciante en Perú y Brasil con 4,46 y 4,47µg de Trolox/g, mientras que en época creciente presentaron 3,46 (Perú) y 2,57 (Brasil) µg de Trolox/g. El estudio concluye que el rendimiento, las características fisicoquímicas, la composición de ácidos grasos y la actividad antioxidante del aceite de los frutos recolectados en diferentes épocas (creciente y vaciante) de los países Perú y Brasil de *O. bataua* “ungurahui” presentan características diferentes.

PALABRAS CLAVES: *Oenocarpus bataua*, propiedades fisicoquímicas, creciente y vaciante, Cromatografía gaseosa.

ABSTRACT

The objective of the research study was to determine the physicochemical properties, fatty acid composition and antioxidant activity of the oils of the fruits of *Oenocarpus bataua* "ungurahui" collected in Peru and Brazil during the waxing and waning seasons. The type of study was evaluative with comparative design, having as population the fruits of *O. bataua* "ungurahui" randomly collected from the national reserve Alpuhuayo Mishana, in the department of Loreto-Peru and in the forestal reserve Adolpho Ducke (Ducke Reserve) of Manaus-Brazil. The results obtained for the oil percentage of the fruits collected in the growing season were 17.08% (Peru) and 19.06% (Brazil); in the emptying season 15.41% (Peru) and 18.23% (Brazil). The comparison of the physicochemical results of the oils of the fruits of *O. bataua* "ungurahui" collected in different seasons (waxing and waning) in Peru and Brazil are different according to the results: acidity index 4.01 and 4.06; 2.72 and 3.35 mgKOH/g; saponification index 194.48 and 179.69; 192.21 and 167.75 mgKOH/g; peroxide index 14.63 and 12.22; 5.28 and 5.14 meqO₂/Kg; iodine index 74.01 and 77.18; 72.39 and 71.89 gI₂/100g; unsaponifiable material 0.44 and 0.42; 0.30 and 0.32 % and density 0.90 and 0.91; 0.91 and 0.91(g/cm³). The characterization of fatty acids was determined by gas chromatography, finding mainly unsaturated fatty acids 83.54 and 83.79% (increasing); 84.70 and 85.45% (emptying), likewise the presence of saturated fatty acids was determined, finding 16.46 and 16.21% (increasing); 15.30 and 14.55% (emptying). Antioxidant activity was carried out using the DPPH free radical capture method, showing higher antioxidant activity in the fruits harvested in the emptying season in Peru and Brazil with 4.46 and 4.47 µg of Trolox/g, while in the growing season they presented 3.46 (Peru) and 2.57 (Brazil) µg of Trolox/g. The study concludes that the yield, physicochemical characteristics, fatty acid composition and antioxidant activity of oil from fruits harvested in different seasons (growing and emptying) of *O. bataua* "ungurahui" from Peru and Brazil have different characteristics.

KEY WORDS: *Oenocarpus bataua*, physicochemical properties, growing and emptying, Gas chromatography.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, los frutales nativos amazónicos ocupan un interés singular dentro de los trabajos de investigación, con el objetivo de valorar estos recursos naturales e implantar en la industria económica del poblador amazónico. Sin embargo, se reconoce que existe poca información para poder avanzar en los sistemas de producción tradicional de la Amazonía peruana, necesitando trabajos sistemáticos que contribuyan al desarrollo socio económico regional, nacional e internacional (1).

La especie *O. bataua* “ungurahui”, es una de las palmeras más importantes en las zonas rurales y urbanas de la Amazonia Peruana, por tener múltiples usos; los frutos agridulces lo consumen como alimento en forma natural, en refrescos y hasta en helados, también es utilizado como medio para cultivar larvas de insectos; son ricas en proteína para consumo humano, medicina, fibras, material de construcción, artesanías y objetos manuales (2).

El fruto de *O. bataua* “ungurahui”, podría servir como fuente de materia prima de Interés comercial. Actualmente, es utilizado en el campo de la industria alimentaria, por el buen contenido de aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos insaturados (77% y 80%); asimismo, debido a su valor nutritivo y energético el aceite de ungurahui, puede ser utilizada como una alternativa al aceite de oliva, ya que sus ácidos grasos son muy similares (3). Sin embargo, es necesario realizar más estudios que evalúen las propiedades fisicoquímicas y caracterización de ácidos grasos y su actividad antioxidante para conocer su verdadero potencial.

Hay estudios que reportan que según la fecha de colecta o estacionalidad la composición de los frutos puede variar porcentualmente. En la actualidad no existe un estudio de investigación donde se compare las propiedades de los aceites de los frutos de *O. bataua* colectados en diferentes estaciones o épocas del año.

Teniendo en cuenta que se conoce muy poco sobre comparación de las propiedades fisicoquímicas, el estudio de investigación se centró en la evaluar la actividad antioxidante, identificación de los ácidos grasos y análisis

fisicoquímicos de los aceites de los frutos de *O. bataua* “ungurahui”, colectados en dos estaciones: verano e invierno (épocas de creciente y vaciante de los ríos amazónicos de Perú y Brasil), el cual permitió conocer la diferencia entre las propiedades de estos, y como se relacionan con la época de colecta.

El estudio de investigación en su estructura se desarrolla 8 capítulos que se describen a continuación:

En el primer capítulo se desarrollan los antecedentes, bases teóricas y definición de los términos básicos que ayuda a determinar conocimiento para la elaboración del proyecto.

En el segundo capítulo se realiza la formulación de la hipótesis, y las variables que relacionan las características y propiedades del estudio.

En el tercer capítulo se describe la metodología de estudio, describiendo el tipo y diseño muestral, procedimientos, procesamiento y aspectos éticos utilizados en la investigación.

En el cuarto capítulo se abordan los resultados trazados en el estudio de investigación.

En el quinto capítulo se realiza la discusión mediante la interpretación de los resultados obtenidos.

En el sexto capítulo se desarrolla la conclusión del trabajo con un breve resumen de los puntos principales que se realiza en el estudio

En el séptimo capítulo se tiene las recomendaciones que ayuda a proporcionar sugerencias para mejorar los métodos de estudio.

En el octavo capítulo, se realiza las fuentes de información, el cual es uno de los capítulos más importantes porque ayuda a enriquecer el estudio de esta investigación. Finalmente se presentó los anexos de la investigación.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Los resultados de los análisis del presente estudio de investigación, fueron comparados con los resultados obtenidos de la bibliografía, por lo cual a continuación se describen algunos antecedentes que sirvieron para sustentar el problema de la investigación.

En el año 2016, Determinó las propiedades fisicoquímicas del aceite de ungurahui, extraídos por dos métodos (prensado al frio y por solvente), siendo la extracción por solvente la que presentó mejor resultado: 19,33% de materia grasa, 3,53 mg KOH/g grasa de índice de acidez; 23,41mL Na₂S₂O₃/g grasa de índice de iodo; 164,6 mg KOH/g grasa de índice de saponificación; 11,51 meq O₂/Kg grasa de índice de peróxido; 0,908 g/cm³ de densidad y 1,466 de índice de refracción (4).

En el año 2015, Tuvo como objetivo optimizar el proceso de extracción de aceite de ungurahui por dos métodos (prensado al frio y por solvente), presentando mejor resultado la extracción por solvente, obteniendo los siguientes valores: 79,03% de ácido oleico; 11,74% de ácido palmítico; 2,04 % de linoleico y 1,62 % de linolénico. (5).

En 2015, Determinó la actividad antioxidante en el aceite de *O. bataua*, utilizando el modelo del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), cuyo patrón de referencia fue la vitamina E. A las concentraciones de 6, 10 y 12 % el aceite obtuvo los porcentajes de inhibición de 68,42; 91,38; 87,88%, respectivamente; dando similares resultados en la vitamina E (6).

En 2011, Realizó estudio de la evaluación de la actividad antioxidante de aceites y su fracción Insaponificable de los frutos de: *Mauritia flexuosa* (aguaje), *Bactris gasipaes* (chonta), *Plukenetia volubilis* (sacha inchi), y *O. bataua* (ungurahui) utilizando los métodos DPPH y el test del B-caroteno, obteniendo, como mejor resultado en aceites de ungurahui con un IC₅₀ de 400,8mg/mL mediante el método de DPPH (7).

En el año 2009, Realizó la caracterización química de aceites, tortas y harinas de frutos de ungurahui y aguaje. Obteniendo, mejores resultados en el aceite de *O. batava*. Entre ellos, ácidos grasos libres (2,81%) (expresado como oleico), índice de peróxidos (4,81 meq O₂/Kg grasa); índice de saponificación (193,47 %); índice de yodo (85,03 g de I₂ /100 g grasa); insaponificable (0,6 0%); densidad a 25°C (0,9105 g/mL). Asimismo, el perfil lipídico presentó al ácido oleico (78%) como el componente mayoritario en ungurahui y aguaje, presentando mayor porcentaje en el ungurahui (8).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Especie en estudio

La especie en estudio es el fruto de *Oenocarpus bataua* C. Martius (*Areceaceae*), incluido anteriormente en el género *Jessenia*, y ahora pertenece al género *Oenocarpus*. Conocida en la región Amazónica como “ungurahui” (9) (10).

Figura 1. Árbol de *O. bataua*



Fuente: Fotos IIAP

1.2.1.1. Aspectos botánicos

Descripción de la especie, según diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú (11).

Cuadro 1. Taxonomía

Nombre Común	: ungurahui
Nombre Científico	: <i>Oenocarpus bataua</i> c. Martius
División	: Magnoliophyta
Clase	: <i>Liliopsida</i>
Sub Clase	: <i>Arecidae</i>
Orden	: <i>Arecales</i>
Familia	: <i>Areceaceae (Palmae)</i>
Tribu	: <i>Areceae</i>
Sub-Tribu	: <i>Euterpeinae</i>
Genero	: <i>Oenocarpus</i>
Especie	: <i>bataua</i> C. Martius
Determinada Por	: Severo Baldeón (UNMSM)

Fuente: Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú

1.2.1.2. Sinonimia científica

También son conocidos como *Jessenia bataua* subsp. *Bataua*; *Jessenia weberbaueri* Burret; *Oenocarpus bataua* C. Martius; *Jessenia polycarpa* (12).

1.2.1.3. Descripción botánica

Es una palmera monocaule, de 10 – 25 m de altura y de 15 - 30 cm de DAP. Estípites desarmados y con fisuras verticales tenues; con anillos de aproximadamente 5 cm de ancho, cada 20-30 cm en los primeros metros, luego más cortos. El sistema radicular es emergente. El unguirahui es una palmera de lento crecimiento, de hábito umbrófilo en la etapa inicial de crecimiento y heliófila en el estadio productivo; tolera ligero sombreado. Hojas compuestas pinnadas en número de 7-16, terminales, pendulazas hacia los lados en arreglo espiral, de 3-10 m de largo; vaina de 0,5-1,4 m, pecíolo de 0,2-1 m y raquis de 3-9 m. Foliolos en número de 80-110 por lado, dispuestas en un solo plano, de forma linear lanceoladas, los foliolos medios de 85-160 cm de longitud y 7-14 cm de ancho y los basales de 60-150 cm de largo y 2,5-4,0 cm de ancho, haz verde oscuro, envés blancuzco. Inflorescencia en panícula intrafoliar de 1 a 2 m de longitud, con 120-50 raquillas, 70-130 cm de largo, 4-7 mm de diámetro. Flores unisexuales de color pardo cremoso a amarillento, con sépalos hasta de 2 mm y pétalos de 7 mm. Flores masculinas con 9-12 estambres. Flores femeninas con pistilo ovoide pequeño (13).

1.2.1.4. Usos comunes

Es utilizado en varias maneras, por ejemplo, los frutos maduros lo consumen directamente o los emplean para preparar una bebida o refresco bastante agradable de sabor parecido al chocolate (14). También es usado en el campo medicinal (asma, calvicie, diarrea, gastritis, helmintiasis, paludismo, TBC); Las hojas y tallos son empleados también en construcciones rústicas. Los pecíolos se emplean en la elaboración de dardos y de los tallos se confeccionan puntas de flechas y arcos (15).

1.2.1.5. Distribución geográfica y hábitat

Es una especie nativa de América tropical, de probable origen amazónico donde ocurre en forma silvestre. Abundante en zonas húmedas y pluviales a menos de 1000 msnm al Nor occidente de Sudamérica desde Panamá hasta el sur de América tropical. En la cuenca amazónica está distribuida en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Guyana. En la selva peruana se encuentra en el departamento de Loreto, Ucayali, San Martín, Madre de Dios, Huánuco, Pasco y Junín (16) (17).

Esta especie crece en hábitat diferente: en terrenos no inundables y con buen drenaje, así como en áreas estacional o permanente inundadas con drenaje eficiente. Se adapta a diversidad de suelos ricos en materia orgánica, ultisoles, oxisoles, inceptisoles, alfisoles, entisoles y especialmente a spodosoles arenosos pobres en nutrientes (17).

1.2.1.6. Características de los frutos de ungurahui

Una palmera de ungurahui contiene aproximadamente 4 racimos, cada racimo con 500 a 4000 frutos y pesa de 2 a 32 kg. Esta variación puede deberse a condiciones de suelo y condiciones de crecimiento de la planta. De la caracterización de 12 procedencias de ungurahui se obtuvo que, los frutos miden entre 2,76 a 3,93 cm de largo y 2,14 a 2,55 cm de diámetro. Cada fruto pesa entre 8,40 a 15,37 g; la cáscara entre 1,21 a 2,78 g; la semilla de 5,79 a 10,18 g y la pulpa pesa 1,33 a 2,71 g que representa entre el 21,32 a 25,21 por ciento (18).

Figura 2. Frutos de *O. bataua*



Fuente: Fotos IIAP

1.2.1.7. Composición química del fruto del unguurahui.

La composición del fruto es una fuente de proteína con alto valor, a comparación de la carne o la leche. La pulpa de esta fruta es muy rica en lípidos, proteínas y vitaminas (19).

Tabla 1. Composición proximal de los frutos de *O. bataua*

FRUTOS	Calidad	Humedad (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
<i>O. bataua</i>	Verde	32,46 ± 0,85	10,02 ± 0,379	18,33 ± 0,85	1,07 ± 0,85	3,32 ± 0,85	34,80 ± 0,85
(Cáscara + Pulpa)	Maduro	39,83 ± 0,73	10,53 ± 0,995	21,77 ± 0,176	1,00 ± 0,024	3,12 ± 0,060	23,74 ± 1,21

Fuente: Revista Sociedad Química (20)

1.2.1.8. Nombre común

Son conocidos como: Milpesos, patauá, batauá, trupa (Colombia), aricagua, seje, palma seje (Venezuela), sacumana, unguurahui (Perú), chapil (Ecuador), jagua, majo, colaboca; Po: batauá, patauá, others: Komboe (Suriname); jagua, yagua (Trinidad), turu (Guyana) (21) .

1.3. Definición de términos básicos

Ácidos grasos

Los ácidos grasos es un ligado amplio de moléculas de distintas características, conformada por una cadena hidrocarbonada (saturados e insaturados, o mezcla de ambos) teniendo como grupo funcional el ácido carboxílico (22).

Ácidos grasos insaturados

Son los ácidos grasos que contienen uno o varios enlaces dobles entre los átomos de carbono que forman su cadena. Se clasifican en [omega-9, omega-6 y omega-3]; tienen efectos en el organismo: genera energía o también ayuda a modular una acción bioquímica como fisiológica del individuo. Por ejemplo, uno de los ácidos grasos insaturados más importantes y con el que más familiarizados podemos estar es el omega-3 (23).

Ácidos grasos saturados

Estos ácidos contienen un número par de átomos de carbono, el cual hace que sean poco reactivos; son muy útiles la abreviación de su nomenclatura porque facilita nombrar a los ácidos grasos (24).

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante terminador de cadena (25).

Propiedades fisicoquímicas

Determina la composición química presente en una muestra orgánica, que consiste en determinar la naturaleza y proporción del aceite del *O. batava* que se desea analizar (32).

Índice de acidez

El índice de acidez es el número de miligramos de KOH que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa. Se determina mediante una valoración (volumetría) con un reactivo básico y se expresa como el % del ácido predominante en el material (28).

Índice de saponificación

El índice de saponificación es la cantidad necesaria de hidróxido de potasio que se expresan en miligramos para saponificar un gramo de aceite. Puesto que un gramo de una grasa de alto peso molecular tiene menos moléculas que un gramo de una grasa de bajo peso molecular, el peso del KOH que se necesita para la saponificación será menor en la grasa de peso molecular alto, así pues, los aceites y grasas de peso molecular alto tienen índice de saponificación más bajos que las de peso molecular bajo (30).

Índice de peróxido

Mide la concentración de los intermedios inestables, formados en la primera fase del proceso de oxidación, que posteriormente se descomponen para dar los compuestos secundarios de oxidación, son expresados en mili-equivalentes de oxígeno activo por kilo de grasa (29).

Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del número total de dobles enlaces que están presentes en los aceites, se determina haciéndola reaccionar con una disolución de monoclورو de yodo, en una mezcla de ácido acético y CCl_4 , liberando el exceso de yodo con KI y titulándolo con $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ (26).

Materia insaponificable

Son sustancias que no son saponificables por los hidróxidos alcalinos, sin embargo, son solubles en solventes grasos comunes, así mismo en productos de saponificación que son solubles en dichos solventes (31).

Densidad relativa

La densidad relativa es una magnitud que se refiere a la cantidad de masa que contiene un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos. En aceites y grasas la densidad es una característica física, que para su medición no requiere la aplicación de reacciones químicas, por otro lado, la densidad de los ácidos grasos y glicéridos aumenta al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de insaturación (26) (27).

Vaciante del río

Es un fenómeno que se da debido al descenso del agua de los ríos, se da desde los inicios del mes de junio hasta octubre (33).

Creciente del río

Es el aumento del caudal de un río y subida del agua por efecto de la lluvia intensa que se da entre los meses de noviembre hasta mayo (34).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

2.1.1. Hipótesis general

Existe diferencias en las propiedades fisicoquímicas, composición de ácidos grasos y actividad antioxidante entre los aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en Perú y Brasil en las épocas de creciente y vaciante.

2.1.2. Hipótesis específicas

- a. El análisis fisicoquímico del aceite del fruto de *O. bataua* C. Martius “ungurahui” nos indica que es significativamente aceptable para el consumo humano; siendo uno de los tipos de aceite más representativo.
- b. La composición de los ácidos grasos del aceite del fruto de *O. bataua* C. Martius “ungurahui” tienen un contenido alto de ácido oleico; siendo uno de los tipos de aceite más representativo.
- c. La evaluación de la actividad antioxidante del aceite del fruto de *O. bataua* C. Martius “ungurahui” indica que el aceite es un buen captador de radicales en el modelo DPPH, apto para el consumo humano; siendo uno de los tipos de aceite más representativo.

2.2. Variables y su operacionalización

2.2.1. Variables de estudio

Variable independiente

- Aceite fijo del fruto de *O. bataua* “ungurahui”

Variables dependientes

- Propiedades fisicoquímicas
- Caracterización de ácidos grasos
- Actividad antioxidante

2.2.2. Operacionalización de variables

Se operacionaliza según la tabla 2

Cuadro 2. Operacionalización de variables

Operacionalización de variables			
Variables de estudio	Indicadores	Índices	
Aceite fijo del fruto de <i>O. bataua</i> "ungurahui"	Rendimiento de aceite	%	
Propiedades fisicoquímicas	Índice de acidez	mg KOH/g	
	Índice de saponificación	mg KOH/g	
	Índice de peróxidos	meq O ₂ /Kg	
	Índice de yodo	g I ₂ /100g	
	Materia insaponificable	%	
	Densidad	g/cm ³	
Caracterización de ácidos grasos	<u>Ácidos grasos saturados</u>		
	- Ácido Palmítico	%	
	- Ácido Esteárico	%	
	<u>Ácidos grasos insaturados</u>		
	- Ácidos oleico	%	
	- Ácidos linoleico	%	
	- Ácido linolénico	%	
	- Ácido palmitoleico	%	
	Actividad antioxidante	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)	µg Trolox/g

Fuente: Base de datos del autor

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

El presente estudio fue de tipo evaluativa; la investigación describió la relación de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, caracterización de los ácidos grasos y la actividad antioxidante de la muestra de acuerdo a la metodología propuesta (35).

La investigación fue de diseño comparativo; el estudio determinó la diferencia de los valores obtenidos en los análisis de rendimiento de aceites, las propiedades fisicoquímicas u caracterización de ácidos grasos y actividad antioxidante en ambas muestras (36).

3.2. Diseño muestral

El trabajo de investigación realizó diseño muestral aleatorio simple, teniendo en cuenta la población de árboles que tuvieran racimos con frutos maduros de buena calidad.

Tamaño de la población de estudio

El ámbito de estudio se estableció en la región Loreto (Perú) y Manaos (Brasil). La población son todos los árboles de la reserva forestal A.D (RFAD) y los árboles de *O. batua* de la reserva nacional Alpahuayo Mishana (RNAS). Los frutos de *O. batua* “ungurahui” fueron recolectados de la RNAS, en el departamento de Loreto-Perú a 134 m.s.n.m., teniendo como coordenada de referencia 3° 57' 54,23" S, 73° 25' 9,39" O y en la RFAD situada en la periferia de Manaos-Brasil con la siguiente coordenada 2° 55' 47,26" S, 59° 58' 30,61" O; en ambos lugares fueron recolectados en dos épocas del año (vacante y creciente). La temperatura media fue de 26 °C, variando poco a lo largo del año, las lluvias se concentraron entre los meses de noviembre y junio. La muestra estuvo constituida por aceites fijos del fruto de *O. batua* “ungurahui”.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Materiales, equipos y reactivos

❖ Materiales

- Balón de fondo plano de 250 mL y 500mL
- Bureta de titulación de 25 mL
- Condensador
- Cubetas de cuarzo, metacrilato o poliestireno para UV- visible
- Cuchillo grande y pequeño
- Desecador de vidrio
- Embudo pequeño y mediano
- Fiola de vidrio
- Frascos de vidrio
- Gradilla
- Guantes de látex
- Probetas
- Matraz erlenmeyer
- Micropipetas 10-100, 20-200, 100-1000, 2000 (μL).
- Papel filtro
- Papel tornasol
- Peras de decantación
- Pinzas de metal
- Pipetas pasteur
- Placas petri
- Probetas
- Soporte universal
- Tijera
- Tubos de ensayo de 13x100 mm
- Tubos para centrífuga
- Vasos de precipitado
- Varilla de vidrio
- Vernier
- Termómetro.

❖ Equipos

- Pre-congelador
- Liofilizador
- Estufa
- Centrífuga
- Homogenizador (vortex).
- Rotavapor
- Cromatógrafo de gases.
- Espectrofotómetro UV-Visible
- Agitador magnético.
- Balanza analítica
- Balanza digital
- Equipo de Soxhlet.

❖ Reactivos

- Metanol grado (HPLC Merck)
- Ácido acético
- Ácido sulfúrico (grado PA, Sigma-Aldrich)
- Ácido clorhídrico (grado PA, Merck)
- Agua destilada
- Agua ultra pura (MQ)
- Almidón (grado PA, Merck)
- Trifluoruro de Boro - Metanol
- Cloroformo (grado PA, Merck)
- Cloruro de sodio
- Diclorometano (grado GC, Merck)
- Dicromato de potasio
- DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil) (grado PA, Sigma-Aldrich)
- Etanol (grado comercial)
- Éter de petróleo (grado PA, Merck)
- Fenolftaleína (grado PA, Merck)
- Fosfato disodio (grado PA, Merck)
- Hidróxido de sodio (grado PA, Merck)
- Hidróxido de potasio (grado PA, Scharlau)
- Ioduro de potasio

- Iso-octano
- Lauryl sulfato de sodio
- Persulfato (grado PA, Merck)
- Potasio hidrogenoftalato
- Reactivo de hanus
- Sílica gel con indicador de humedad (gel anaranjado)
- Sulfato de sodio anhidro
- TROLOX (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico)
- Tiosulfato de sodio pentahidratado.

3.3.2. Recolección del fruto de *O. batava*

En total se hizo cuatro (04) recolecciones de *O. batava* “ungurahui” en diferentes épocas del año (creciente y vaciante). Las recolecciones de los frutos (creciente y vaciante) de Perú, fueron llevados al Laboratorio de Química de Productos Naturales (LQPN), del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), que se encuentra ubicado en la carretera Iquitos - Nauta, distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Loreto, para sus análisis respectivos. Mientras que las recolecciones de los frutos de *O. batava* “ungurahui” (creciente y vaciante) de Brasil, fueron trasladados al Laboratorio de Micología de la Fundación Oswaldo Cruz, Manaus – Estado de Amazonas – Brasil; para la extracción de los aceites.

Figura 3. Recolección del Fruto



Fuente: Fotos del autor

3.3.3. Extracción del aceite del fruto de *O. bataua*

3.3.3.1. Extracción del aceite de Perú (creciente y vaciante)

- **Selección de la materia prima**

Se seleccionaron los frutos frescos y maduros sin golpes, sin enmendaduras y magulladuras, aproximadamente se extrajeron 5 a 4 Kg de frutos, lo cual fueron depositados en un envase para continuar con el proceso de lavado.

- **Lavado del fruto de *O. bataua***

Se realizó el lavado de los frutos seleccionados para la eliminación de restos de tierra y de químicos como pesticidas, o cualquier agente biológico patógeno; luego fueron depositados en placas Petri para su extracción y trituración.

Figura 4. Frutos seleccionados y lavados



Fuente: Fotos del autor

- **Extracción y trituración de la pulpa y cáscara**

Se extrajo la pulpa y la cáscara de forma manual, para ser depositados en placas Petri, posteriormente pasaron a un proceso de secado.

Figura 5. Frutos triturados de *O. bataua*



Fuente: Fotos del autor

- **Secado de la pulpa o cascara de *O. bataua***

El secado de la pulpa o cascara extraída se realizó en una estufa a temperatura de 35°C de temperatura, durante 1 día (24 horas).

Figura 6. Secado de la pulpa o cascara



Fuente: Fotos del autor

- **Molienda o pulverizado de *O. bataua***

Las pulpas o cascarras secas de *O. bataua* de las diferentes épocas fueron trituradas por separados mediante una licuadora y posteriormente fueron almacenadas en diferentes recipientes.

- **Extracción del aceite**

El material vegetal molido y/o pulverizado (5g aproximadamente) se colocó en un cartucho de papel filtro y se depositó dentro del cuerpo del equipo de extracción soxhlet. Posteriormente se agregó éter de petróleo (solvente orgánico). Luego, se extrajo bajo reflujo durante tres (03) horas; hasta agotamiento. Para la separación del solvente y obtener el aceite, se utilizó un equipo de rotavapor bajo presión reducida a 2000 RPM, con el objetivo de separar el solvente del aceite.

Figura 7. Extracción del aceite

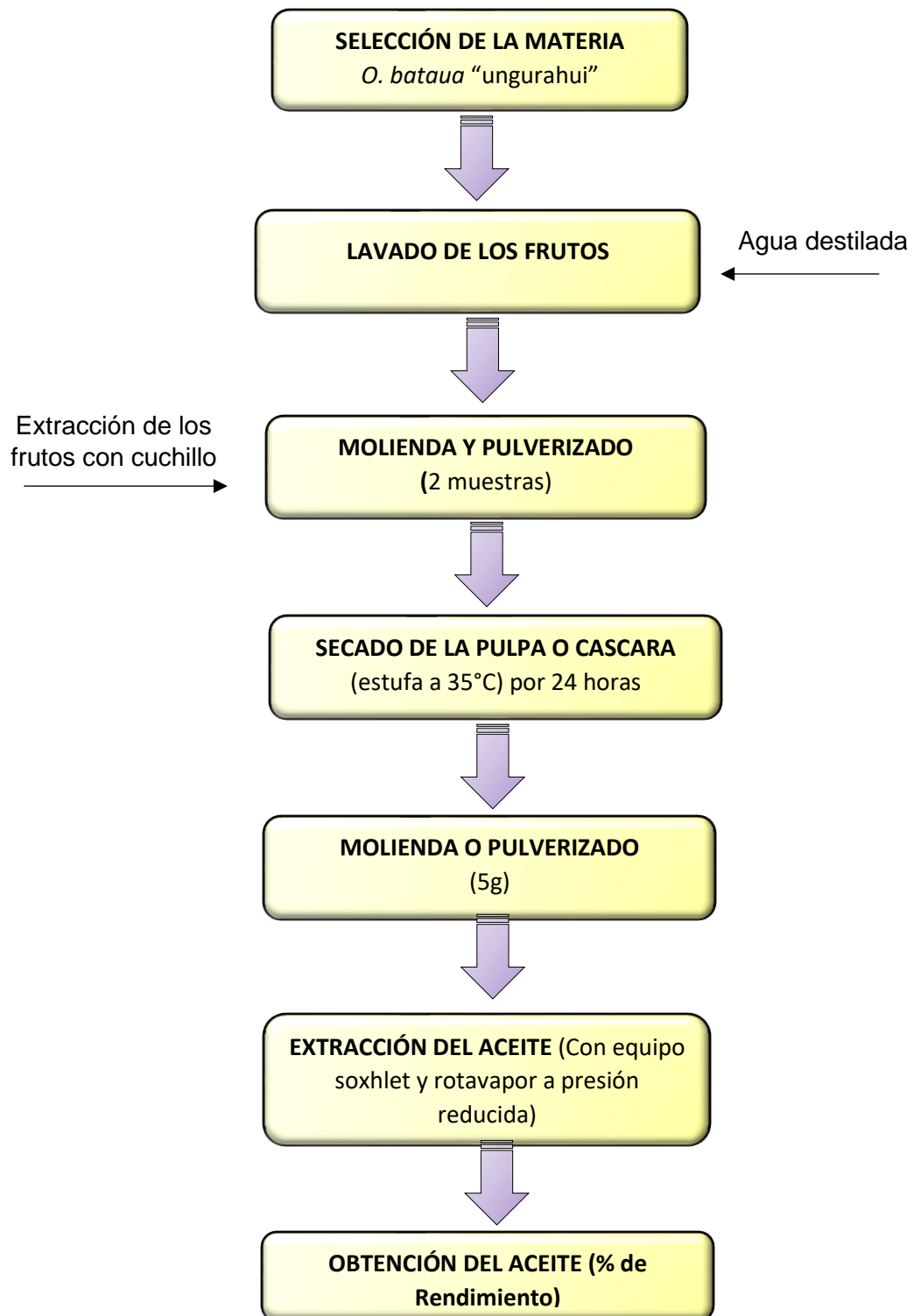


Fuente: Fotos del autor

- **Obtención del aceite de *O. bataua***

Al aceite obtenido se llevó a un frasco hermético para su posterior análisis fisicoquímico.

Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención del aceite (Perú)



Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2. Extracción del aceite Brasil (creciente y vaciante)

Los frutos de *O. bataua* “ungurahui” recolectados en Brasil fueron trasladados al Laboratorio de Micología de la Fundación Oswaldo Cruz, Manaus – Estado de Amazonas – Brasil, para la extracción de los aceites y se procedió de la siguiente manera:

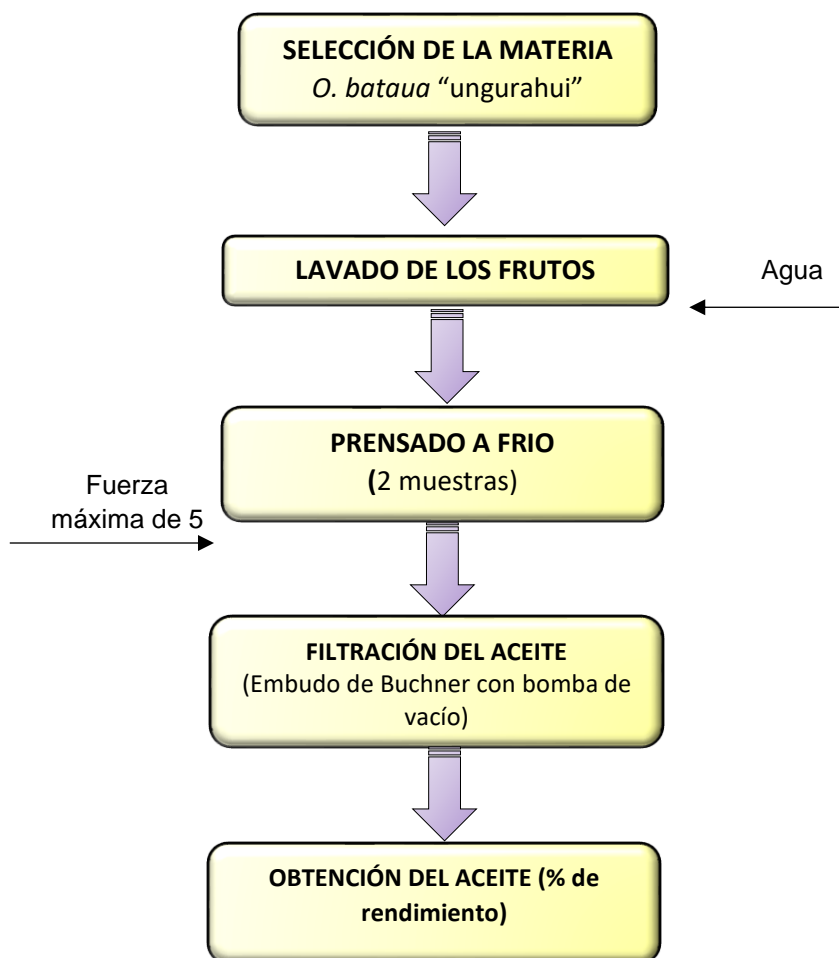
- **Extracción por prensado a frio**

La extracción del aceite se realizó con ayuda de una prensa hidráulica adaptada a un dispositivo cilíndrico de acero inoxidable hasta alcanzar una fuerza máxima de 5 Tm. y almacenado en frascos de vidrio.

- **Filtración del aceite vegetal obtenido**

El aceite fue filtrado en embudo de buchner, matraz de kitasato y una bomba al vacío. Finalizada la extracción el aceite fue colocado en recipientes de vidrio con tapa rosca para su almacenamiento bajo temperatura de refrigeración.

Figura 9. Diagrama de flujo para la obtención del aceite (RFAD)



Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del aceite de *O. bataua*

1) Determinación de ácidos grasos libres (A.O.C.S Ca 5a-40)

- a) Se pesó en un matraz Erlenmeyer 5g de aceite (no se debe calentar la muestra a más de 10°C sobre el punto de fusión).
- b) Se añadió 50mL de alcohol neutralizado caliente agregando 2mL (40 gotas con pipeta Pasteur) de indicador de fenolftaleína 1% en etanol.
- c) Se procedió a titular con hidróxido de sodio estándar al 0,1N, agitando vigorosamente hasta la aparición del primer color rosa suave. El color debe permanecer por 30 segundos.

Cálculos:

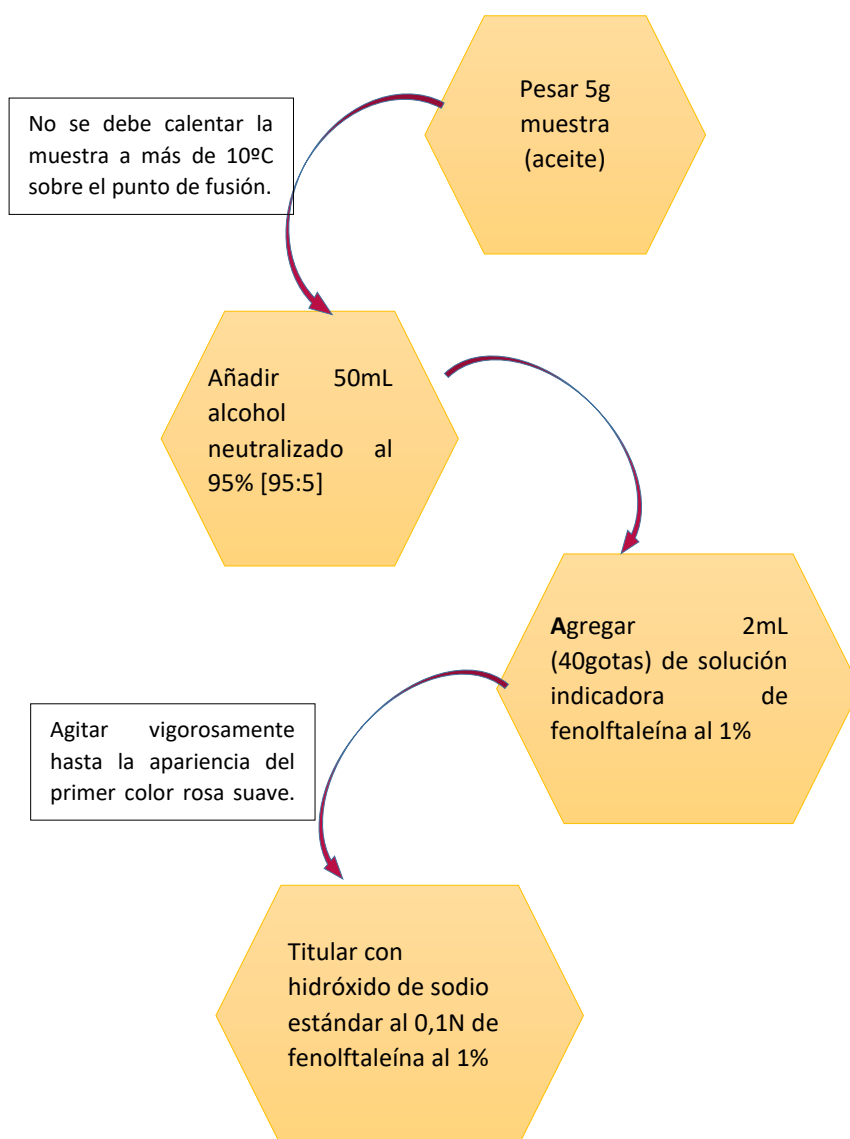
El porcentaje de ácidos grasos libres en la mayoría de las grasas y aceites se calcula como ácido oleico.

$$\% \text{ Ácidos grasos libres como oleicos} = \frac{(\text{mL de álcali} * N * 28.2)}{\text{masa g de muestra}}$$

Para determinar en índice de acidez se realizó la siguiente conversión:

Para convertir el porcentaje de ácidos grasos libre (como oleicos %) a valor ácido (índice de acidez mg KOH/g aceite), se debe multiplicar el porcentaje de ácidos grasos libres como oleicos por 1,99.

Figura 10. Diagrama de flujo de la determinación de ácidos grasos



Fuente: Manual A.o.a.c (37).

2) Determinación de índice de saponificación (A.O.C.S cd 3-25)

- a) Se pesó 5g de la muestra (aceite o grasa) en un balón de 250mL.
- b) Se agregó 50mL de hidróxido de potasio alcohólico y se adicionó 10mL de agua destilada y luego se colocó astillas de vidrio.
- c) Se procedió a colocar el balón al condensador y se hizo reflujo por 2h a 100°C.
- d) Al término del reflujo, se añadió al balón 20mL de agua destilada (lavando al condensador).
- e) Se añadió 1mL de indicador y se tituló con ácido sulfúrico estándar 1N hasta que el color vire de violeta a blanco.
- f) Para el blanco se añadió 20mL de agua destilada y 50mL de hidróxido de potasio alcohólico, luego se adicionó fenolftaleína y se procedió a titular con ácido sulfúrico estandarizado 1N.

Cálculos:

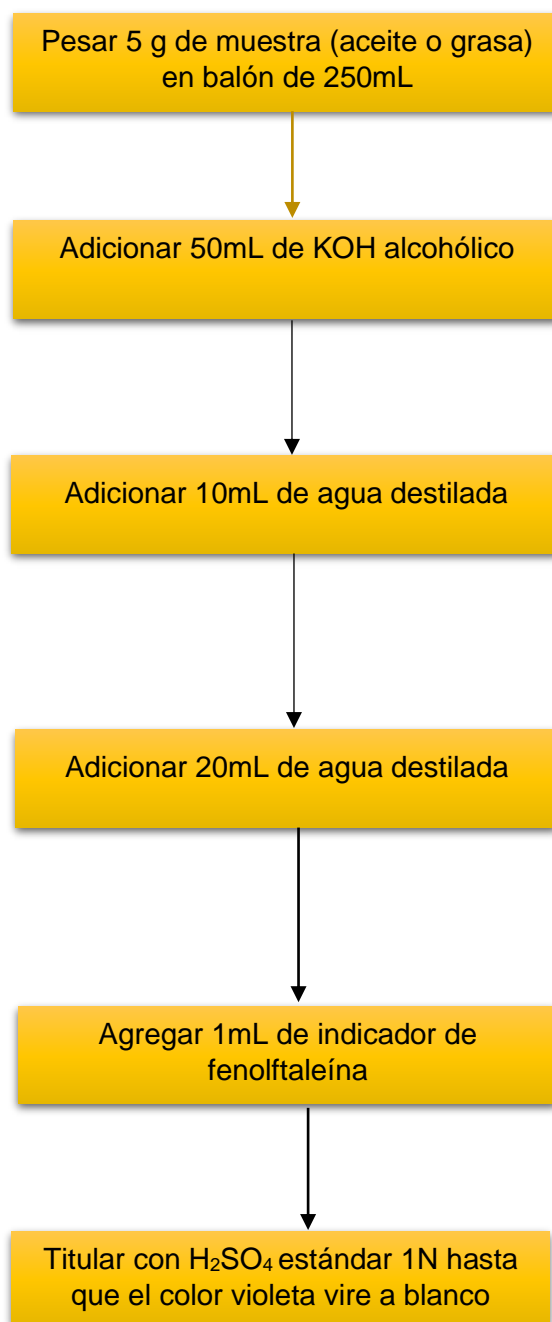
$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(mL \text{ blanco} - mL \text{ muestra}) \times N(H_2SO_4) \times 56,1}{\text{peso de muestra en g}}$$

V blanco : Volumen de H₂SO₄ gastado en la titulación del blanco

V muestra : Volumen de H₂SO₄ gastado en la titulación de la muestra

N : Normalidad del H₂SO₄ estandarizado

Figura 11. Flujoograma de la determinación de índice de saponificación



Fuente: Elaboración propia

3) Determinación de índice de peróxido (A.O.C.S cd 8b-90)

- a) Se pesó 2,5g de aceite en un matraz de 250mL.
- b) Se añadió 50mL de la solución ácido acético glacial-isooctano [3:2], se movió hasta disolver la muestra.
- c) Se usó una pipeta volumétrica para añadir 0,5mL de la solución de yoduro de potasio (KI) saturado.
- d) Se dejó reposar la solución por un 1min. (agitando por lo menos 3 veces y a oscuras) y se añadió inmediatamente 30mL de agua destilada.
- e) Se tituló con tiosulfato de sodio al 0,01N, añadiendo gradualmente, se agitó constante y vigorosamente, se continuó la titulación hasta que el color amarillo del ioduro casi desaparezca (tuvo que virar de amarillo a transparente, ese gasto es tomado para el blanco).
- f) Se añadió 0,5mL lauryl sulfato de sodio (LSD) al 10% y luego se adicionaron 0,5mL de indicador de almidón.
- g) Se continuó la titulación con agitación constante hasta que el color azul desaparezca (el gasto obtenido es tomado para la muestra).

Nota: El blanco (B) se corrió conjuntamente con la muestra y el resultado se resta con el gasto generado (S) al finalizar la titulación.

Para los cálculos se utilizaron la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxido (meq O}_2\text{/Kg de muestra)} = \frac{(S-B)*N*1000}{\text{masa de muestra (g)}}$$

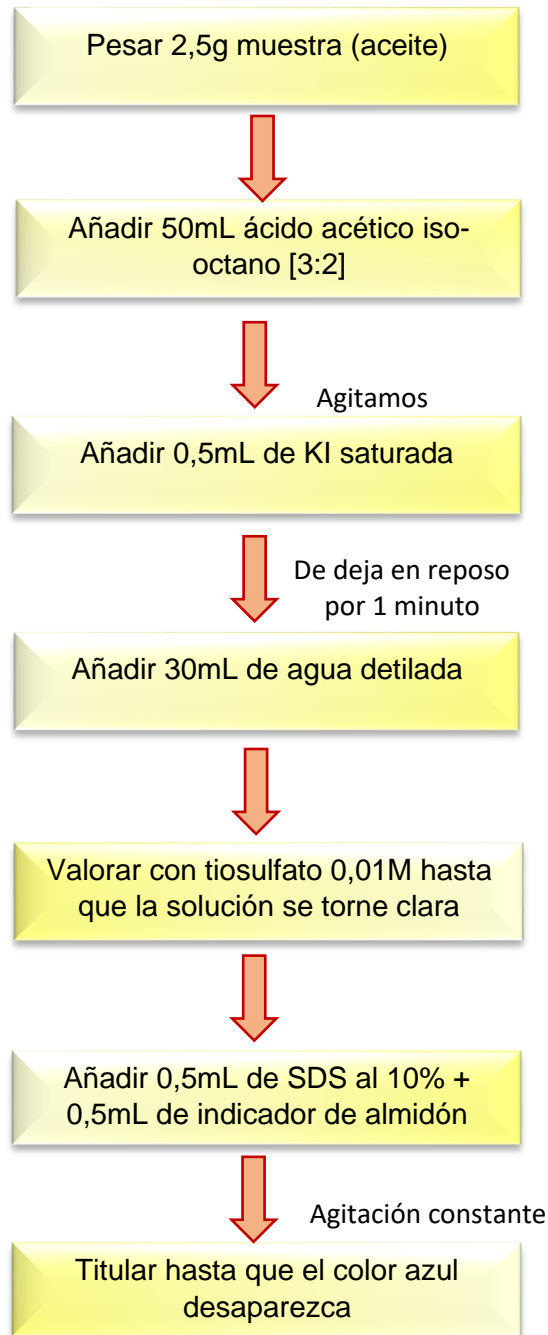
Donde:

B: Volumen de tiosulfato gastado en la titulación del blanco.

S: Volumen de tiosulfato gastado en la titulación de la muestra.

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio gastado.

Figura 12. Flujograma de la determinación de índice de peróxido



Fuente: Manual A.o.c.s. (38)

4) Determinación de índice de yodo (A.O.A.C 920.158)

- a) Se pesaron 0,2g de aceite en un matraz erlenmeyer con tapa esmerilado de 500mL.
- b) Se disolvió la muestra con 10mL de cloroformo (CHCl₃).
- c) Con una pipeta volumétrica se procedió a adicionar 25mL de reactivo hanus a un tiempo determinado y preciso.
- d) Se dejaron reposar por 30min exactos en oscuro, agitando ocasionalmente.
- e) Posteriormente se adicionaron 10mL de solución de yoduro de potasio (KI) al 15%, agitándose vigorosamente.
- f) Se agregaron 100mL de agua destilada y lavando la tapa de vidrio con restos de yoduro (I₂) libre.
- g) Se tituló el yoduro (I₂) con solución estándar de tiosulfato de sodio 0,1N, añadiendo gradualmente y se agitó vigorosamente. Continuar la titulación hasta que el color amarillo del yodo casi desaparezca.
- h) Se adicionaron 2mL de indicador de almidón y se continuó la titulación hasta que el color azul desaparezca por completo.
- i) Al finalizar la titulación, se tapó el Erlenmeyer para agitar y poder comprobar si todo el yoduro (I₂) reacciona.
- j) También se realizó un blanco utilizando el mismo procedimiento sin presencia de la muestra.

Cálculos:

$$\text{Índice de Iodo} = \frac{(B - M) \times N \times 12,69}{g \text{ de muestra}}$$

$$\text{Unidad: } \frac{g \text{ I}_2}{100g \text{ de muestra}}$$

Variables:

B: volumen del titulante para el blanco.

M: volumen del titulante para la muestra.

N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

Figura 13. Flujograma de la determinación del yodo



Fuente: Manual A.o.a.c. (39)

5) Determinación de materia insaponificable (A.O.C.S Ca 6a-40)

- a. Se pesó en un balón de fondo plano 5g de muestra (aceite).
- b. Se añadieron 30mL de alcohol etílico y 5mL de solución de hidróxido de potasio al 50% (en agua). Luego se adaptó el balón al refrigerante en posición de reflujo y se calentó suavemente (máx. 80°C) durante 60 minutos hasta completar la saponificación.
- c. Se transfirió a una pera de decantación adicionando 5mL de etanol (lavar el balón y transferirlo a la pera) hasta completar el volumen de 40mL. Se añadió agua caliente y agua fría (40mL de cada uno), hasta completar un volumen de 80mL, adicionando 5mL de éter de petróleo en el balón para lavarlo y pasarlo a la pera de decantación (se dejaron enfriar por 20min. a 20°C) y se añadieron 50mL de éter de petróleo.
- d. Se tapó la pera de decantación agitando suavemente por 1 minuto (sin dejar que emulsione), luego se llevó a sonicar aprox. 20 minutos; hasta formar las dos fases. Luego se usó el sifón para separar la fase Hidroalcohólica (capa inferior) colocando en un vaso y guardando, sin que incluya nada de la fase etérea (capa superior)
- e. Se realizó la transferencia de la fase éter (capa superior) a otra pera de decantación que contenga 5mL de etanol al 10% en agua [1:9] con el objetivo de evitar la posible pérdida del éter de petróleo.
- f. A la fase hidroalcohólica se volvió a lavar por 7 veces más aprox. Con 50mL de éter de petróleo (total 350mL de éter de petróleo), agitando suavemente y llevando a sonificar trabajando en la pera N°1. Toda la fase hidroalcohólica se colocó en un mismo vaso guardando, y la fase éter se colocaron en la pera N°2.
- g. Se lavó la capa etérea (obtenido en la pera N°2) con 25mL de alcohol etílico al 10% [1:9], agitando y eliminando la capa alcohólica. A la capa alcohólica se agregó algunas gotas de solución de fenolftaleína, cuando el color cambio a rosa se volvió a lavar el extracto de éter con 25mL de alcohol etílico al 10% [1:9], se suspendió el lavado cuando la solución del lavado era neutra a la fenolftaleína (no vire).

- h. Después se transfirió el extracto etéreo en un balón de fondo plano previamente pesado llevando a sequedad en un equipo de rotavapor. Se dejó enfriar en un desecador y luego se pesó.
- i. Una vez pesado (el residuo) se disolvió con 50mL de alcohol etílico previamente neutralizado (aproximadamente 50°C), conteniendo solución indicadora de fenolftaleína titulando en caliente con solución de hidróxido de sodio estandarizado a 0,02N.
- j. Para el blanco se realizó el mismo procedimiento sin muestra (aceite).

Cálculos:

$$\% \text{ Materia insaponificable} = \frac{G1 - (G2 + Gb)}{G} \times 100$$

Donde:

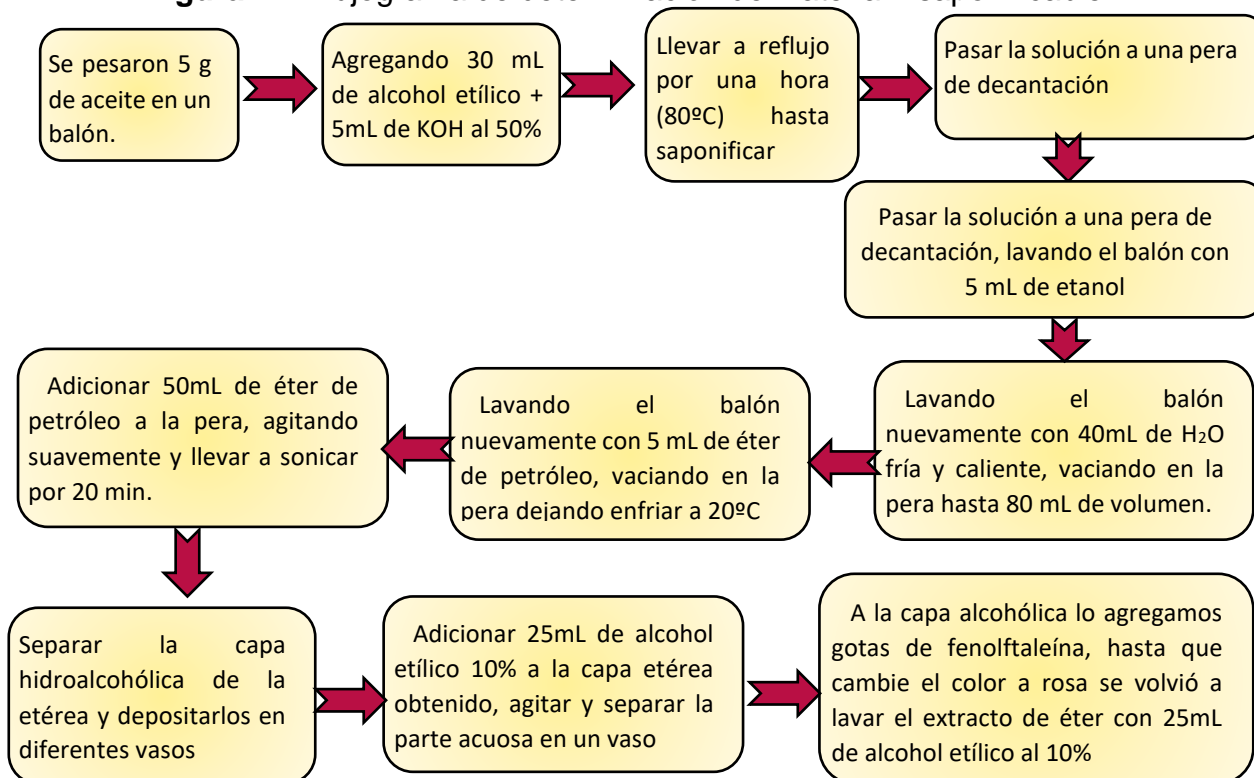
G2 = Gramos de ácidos grasos en el extracto

G1 = Masa del residuo

Gb = Masa del blanco

G = Masa de la muestra empleada, en gramos.

Figura 14. Flujograma de determinación de materia Insaponificable



Fuente: Manual A.o.a.c

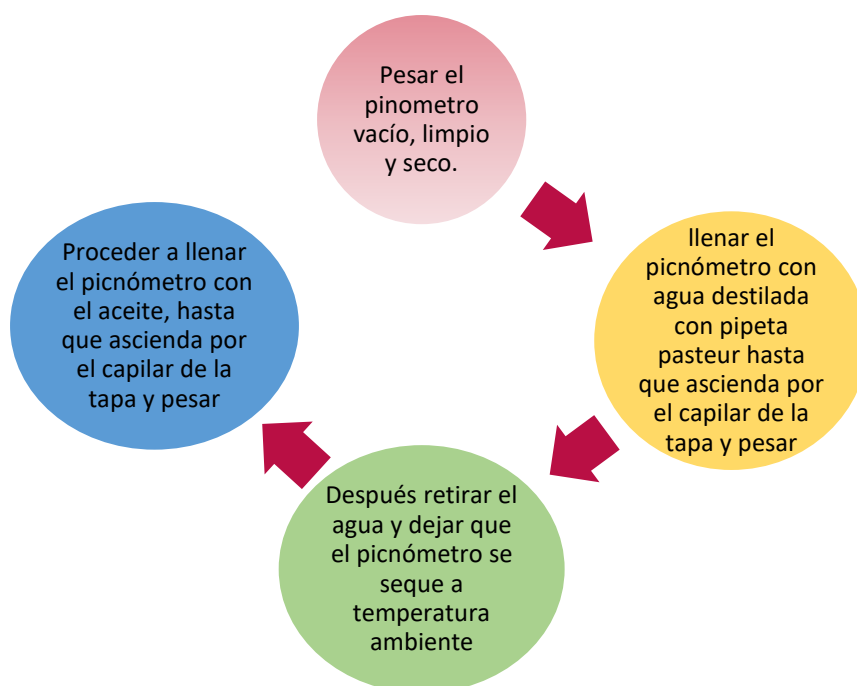
6) Determinación de la densidad (ISO 6883:2012)

- a) Se pesó el picnómetro vacío, limpio y seco en una balanza analítica.
- b) Se realizó el llenado completo con agua destilada utilizando una jeringa o pipeta, hasta que ascendió por el capilar de la tapa, se secó el picnómetro por fuera y se procedió a pesar.
- c) Para obtener un nuevo peso se quitó el tapón del picnómetro y se retiró el agua destilada, se limpió y se secaron a temperatura ambiente.
- d) Con el picnómetro vacío y seco se llenaron completamente con aceite, tapar y dejar ascender el fluido por el capilar de la tapa, secar y pesar.
- e) Se repitió el proceso para obtener nuevos resultados.

Cálculos:

$$D \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{\text{masa del aceite}}{\text{volumen del picnómetro (cm}^3\text{)}}$$

Figura 15. Diagrama de flujo de la determinación de la densidad



Fuente: Manual ISO (40)

3.3.5. Caracterización de ácidos grasos (AOCS Oficial Method Ce 2-66)

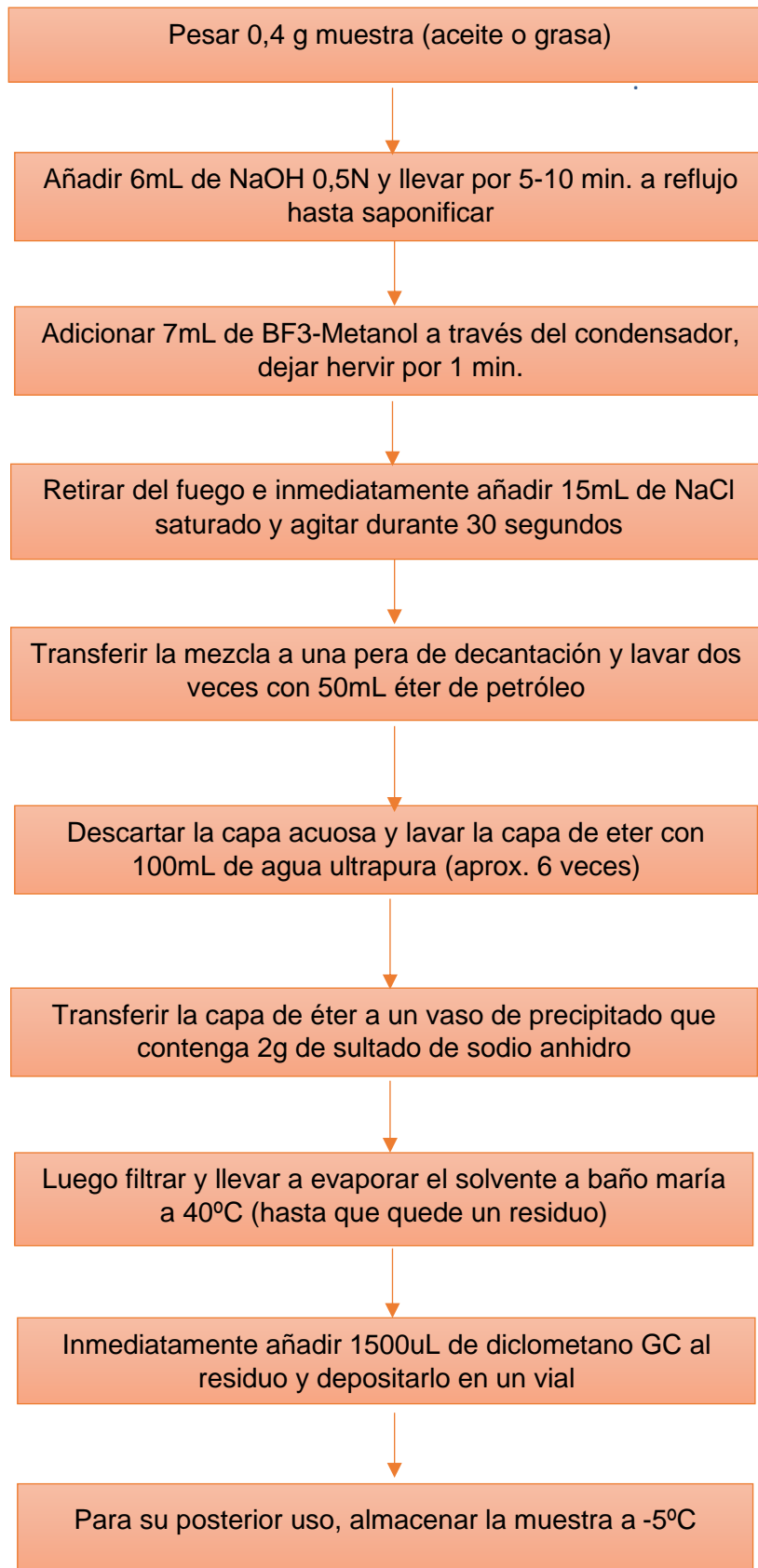
Caracterización de ácidos grasos

- a) Se pesó 0,4g de aceite en un balón de 250mL.
- b) Se adicionó 6mL de NaOH 0,5N en MeOH grado GC.
- c) Se llevó a reflujo por 5 a 10min. hasta saponificar completamente (los glóbulos de grasa deben desaparecer en la solución).
- d) Luego se añadió 7mL de reactivo BF₃-Metanol a través del condensador, se dejó hervir por un minuto.
- e) Se retiró del fuego, remover del condensador e inmediatamente se añadió 15mL de cloruro de sodio NaCl saturado, agitar durante 30 segundos.
- f) Se transfirió la mezcla a una pera de decantación y se procedió a lavar dos veces con 50mL de éter de petróleo (se notará la capa acuosa y orgánica).
- g) Se descartó la capa acuosa y se lavó la capa de éter varias veces (aprox. 6 veces) con 100mL agua ultra pura, hasta que la capa acuosa se torne alcalina con el indicador rojo de metilo.
- h) Se transfirió la capa de éter de petróleo a un vaso de precipitado que contiene 2g de sulfato de sodio anhidro.
- i) Se Filtró y evaporó el solvente a baño maría a 40°C (evaporar hasta que quede un poco de residuo).
- j) Inmediatamente se adicionó 1mL diclorometano grado GC a la muestra resultante.
- k) Se almacenó la muestra diluida a -5°C, posteriormente programar el equipo de cromatografía gaseosa para la lectura de la muestra.
- l) Se programó y se analizó el equipo de cromatografía gaseosa bajo condiciones establecidas según tabla 3 (es solo un ejemplo, ya que eso puede variar) y analizar por cromatografía en fase gaseosa los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

Tabla 2. Condiciones del equipo de cromatografía de gases para el análisis de ácidos grasos.

Equipo varian 450-GC	
Nombre del Método	: ungurahui 52 min 14.10.17 METH
Tipo/dimensiones de la columna	: VF-WAX CP 9207/60m x 0.25mm x 0.39mm
Volúmen/modo de inyección	: 1ul, en columna
Temperatura de inyector	: 250 °C
Temperatura inicial del horno	: 140 °C (por 3 min.)
Rampa de calentamiento	: 2,0 °C/min
Temperatura final	: 240°C
Flujo	: 1,0 mL/min
Tiempo de corrida	: 52 min.
Temperatura del detector	Fuente: 270 °C Flujo de hidrógeno: 30mL/min Flujo de aire:300mL/min
Flujo de gases del detector (FID)	Modo: flujo de ajuste constante (25mL/min) Gas de ajuste: helio
El equipo GC brinda el porcentaje de cada ácido graso que contiene la muestra	

Figura 16. Diagrama de flujo de la caracterización de ácidos grasos



Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Determinación de la actividad antioxidante

Preparación de reactivos

a) Solución stock de trolox 1 mM (0,25 mg/mL) [100mL]

Se pesó exactamente 25 mg de Trolox ($M = 250,29$ g/mol) y se aforó a 100mL con metanol.

Nota: Debe protegerse de la luz y será estable durante 6 meses a -20° C

b) Solución stock de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) 1mM [10mL]

Se pesó exactamente 3,94 mg de DPPH ($M = 394,3$ g/mol) y se disolvió en metanol, llevando a 10mL en una fiola oscura. Asegurarse de lograr la completa disolución, de ser necesario utilizar vortex.

Nota: Esta solución debe ser la última en ser preparada.

c) Solución de DPPH 200 μ M [25mL]

Se tomó 5000 μ L de la solución Stock de DPPH 1mM y se llevó a 25mL con metanol en una fiola oscura

Nota: Puede utilizar la concentración de 100, 150 o 200 μ M.

d) Solución de Metanol 80% [25mL]

En fiola se colocó 5mL de agua y luego se llevó a 25mL con metanol.

Preparación de la curva estándar de trolox – DPPH (41) (42)

Curva estándar

a) Se preparó una serie de ocho tubos de 13x100mm limpios y secos, y agregando a cada uno de ellos las soluciones que se muestran en la tabla 3.

b) Se comenzó adicionando la solución de trolox y metanol, y luego en $t = 0$ min agregar la solución de DPPH al control, en $t = 1$ min se agregó el DPPH al patrón 1, en $t = 2$ min para el patrón 2, y continuando así hasta completar la serie ($t = 6$ min, patrón 6).

c) Se homogenizó las mezclas y se dejó en reposo durante 30 minutos y al abrigo de la luz

d) En el $t = 30$ min se realizó la lectura de la absorbancia del control a 515nm. Luego, en $t = 31$ min se realizó la lectura del patrón 1, en $t = 32$

min para el patrón 2 y continuar hasta terminar la serie (t = 36 min, patrón 6).

Tabla 3. Curva de calibración trolox - DPPH

Curva de calibración trolox - DPPH				
Muestra	[] trolox (μM)	Vol. trolox 1mM (μL)	Vol. DPPH 200 μM (μL)	Vol. MeOH 100% (μL)
Blanco	-	-	-	5000
Control	-	-	2500	2500
Patrón 1	5	25	2500	2475
Patrón 2	10	50	2500	2450
Patrón 3	15	75	2500	2425
Patrón 4	20	100	2500	2400
Patrón 5	25	125	2500	2375
Patrón 6	30	150	2500	2350

Tratamiento de la muestra para la determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH en aceites

- a) Se pesó 3g de aceite (anotar el valor exacto) en un tubo para centrifuga, y se agregó 3mL de metanol al 80% y llevar a sonicar por 10 minutos
- b) Se colocó en el tubo un agitador magnético (2,7cm aprox. de largo) previamente lavado y secado, luego se agitó durante 1 hora en un equipo de hot plate (plancha de calentamiento con agitación)
- c) Luego se centrifugó la mezcla a 5000 rpm por 15 min. a 5°C. Recuperando el sobrenadante y se transfirió a una fiola de 5mL
- d) Se agregó al residuo 1,5mL de metanol al 100% (tubo anterior del cual se sacó el sobrenadante), se sonicó por 10 minutos, luego se agitó durante 1 hora en un equipo hot plate (plancha de calentamiento con agitador) y posteriormente se centrifugó a 5000 rpm por 15 min a 5°C.
- e) Se recuperó el sobrenadante y se transfirió a la fiola que contiene el sobrenadante obtenido en la primera centrifugación.

- f) A la fiola que se adiciona el sobrenadante, se le debe ajustar el volumen a 5mL con metanol a 100%. Se protegió de la luz y se mantuvo a -20°C hasta su uso. Este es el extracto constituye la solución madre de la muestra
- g) Se colocó cinco tubos de ensayos limpios y secos (13x100 mm) y se dispuso de las soluciones como se muestra en la tabla 4. En caso se produzca una rápida decoloración del DPPH preparar una dilución de la solución madre del extracto y realizar una nueva lectura con la solución diluida.

Tabla 4. Extracto metanólico de aceite

Muestra	Solución madre (µL)	DPPH 200 µM (µL)	MeOH HPLC (µL)
Blanco	1000	-	1000
Control	-	1000	1000
Muestra	1000	1000	-
Muestra	1000	1000	-
Muestra	1000	1000	-

Cálculos

La inhibición del radical DPPH por los extractos, es determinada por la siguiente expresión:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = 100 - \{[(A_{\text{muestra (t)}} - A_{\text{blanco}}) \times 100] / A_{\text{control}}\}$$

Donde:

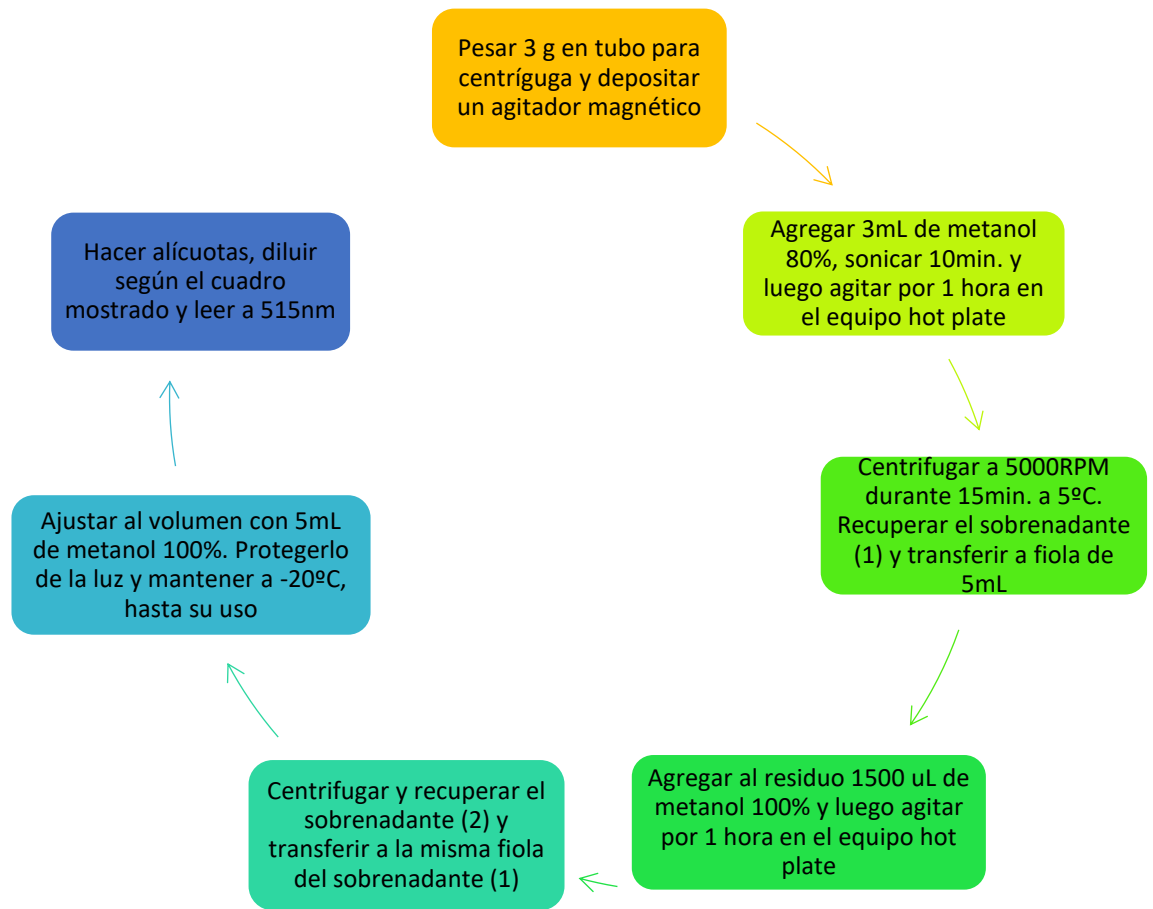
$A_{\text{muestra (t)}}$ = Absorbancia de la muestra (en 30 min).

A_{control} = Absorbancia del control (DPPH 200 µM + metanol)

A_{blanco} = Absorbancia del blanco (extracto)

Se calculó la actividad antioxidante en µg Trolox/g de aceite.

Figura 17. Determinación de actividad antioxidantes en aceites.



Fuente: Manual DPPH

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

Los procedimientos y análisis de datos de las propiedades fisicoquímicas, caracterización de ácidos grasos y la actividad antioxidante del aceite de *O. bataua* C. Martius. “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante, se determinaron mediante la media aritmética y la desviación estándar en cada uno de los resultados obtenidos, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25 en español.

3.5. Aspectos éticos

La investigación se realizará cuidando la biodiversidad ecológica, la recolección de los frutos no afectará el desarrollo futuro de las plantaciones del *O. bataua* C. Martius. “ungurahui”.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Porcentaje de rendimiento del aceite de *O. bataua* “ungurahui” recolectados del departamento de Loreto-Perú y en la reserva de Manaos-Brasil en época vaciante y creciente.

Tabla 5. % Rendimiento del aceite (Perú, Brasil)

% Rendimiento del aceite (Perú, Brasil)				
	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/vaciante)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/vaciante)
% Rendimiento	17,08 ± 0,02	19,06 ± 0.10	15,41 ± 0,02	18,23 ± 0.23

4.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite (Perú, Brasil)

Propiedades fisicoquímicas del aceite (Perú, Brasil)				
	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/vaciante)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/vaciante)
1. Índice de acidez (mgKOH/g)	4,01 ± 0,03	4,06 ± 0,03	2,72 ± 0,00	3,35 ± 0,03
2. Índice de saponificación (mgKOH/g)	194,48 ± 0,00	179,69 ± 0,00	192,21 ± 0,00	167,75 ± 0,01
3. Índice de peróxidos (meqO ₂ /Kg)	14,63 ± 0,00	12,22 ± 0,00	5,28 ± 0,12	5,14 ± 0,12
4. Índice de yodo (gl ₂ /100g)	74,01 ± 0,02	77,18 ± 0,02	72,39 ± 0,02	71,89 ± 0,17
5. Materia insaponificable (%)	0,44 ± 0,21	0,42 ± 0,09	0,30 ± 0,06	0,32 ± 0,03
6. Densidad (g/cm ³)	0,9037 ± 0,00	0,9056 ± 0,00	0,9061 ± 0,00	0,9066 ± 0,00

Los valores presentados son los promedios de ± DE (n=3), DE= Desviación Estándar

4.3. Caracterización de ácidos grasos del aceite de *O. bataua* “ungurahui”

Tabla 7. Caracterización de ácidos grasos del aceite (Perú, Brasil)

Caracterización de ácidos grasos del aceite (Perú, Brasil)				
Ácidos grasos	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/vaciante)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/vaciante)
Ácido palmítico (C16:0)	14,12 ± 0,06	13,74 ± 0,01	13,86 ± 0,05	11,67 ± 0,05
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,35 ± 0,01	0,52 ± 0,00	0,69 ± 0,00	0,68 ± 0,00
Ácido esteárico (C18:0)	2,34 ± 0,03	2,47 ± 0,02	1,43 ± 0,01	2,88 ± 0,01
Ácido oleico (C18:1)	80,42 ± 0,13	79,95 ± 0,03	80,71 ± 0,08	81,75 ± 0,09
Ácido linoleico (C18:2)	2,19 ± 0,03	2,74 ± 0,02	2,53 ± 0,04	2,41 ± 0,02
Ácido linolénico (C18:3)	0,58 ± 0,03	0,59 ± 0,01	0,77 ± 0,01	0,61 ± 0,02
% Ácidos grasos saturados	16,46 ± 0,05	16,21 ± 0,02	15,30 ± 0,03	14,55 ± 0,03
% Ácidos grasos insaturados	83,54 ± 0,05	83,79 ± 0,02	84,70 ± 0,05	85,45 ± 0,03
% Ácidos grasos totales	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Los valores presentados son los promedios de ± DE (n=3), DE= Desviación Estándar

4.4. Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

Tabla 8. Actividad antioxidante del aceite (Perú, Brasil)

Actividad antioxidante del aceite (Perú, Brasil)				
Actividad Antioxidante	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/creciente)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Perú/vaciante)	<i>O. bataua</i> “ungurahui” (Brasil/vaciante)
Método DPPH (µg de Trolox/g)	3,46 ± 0,02	2,57 ± 0,01	4,46 ± 0,16	4,47 ± 0,01

Los valores presentados son los promedios de ± DE (n=3), DE= Desviación Estándar

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Extracción y rendimiento del aceite de *O. bataua* “ungurahui”

La extracción de aceites de las plantas se puede obtener utilizando diferentes métodos tales como: prensado, por solventes, hidrodestilación, arrastre de vapor, etc. (43). Algunos constituyentes que intervienen en una extracción puede ser el tiempo; el tamaño de muestra, concentración, temperatura y tipo de solvente. Así mismo también puede influir el tiempo de la cosecha, lugar de cultivo, tipo del suelo, antigüedad de la planta, etc. Para extraer un buen aceite de calidad y que facilite caracterizarlo es recomendable triturar y calentar a temperatura baja, usando poco tiempo (44).

Para obtener el aceite de *O. bataua* “ungurahui” recolectados en la reserva forestal A.D. (Brasil), en dos estaciones (creciente y vaciante), se utilizó el método por prensado, obteniendo un rendimiento de 19,06% (creciente) y 18,23% (vaciante). Para la obtención del aceite *O. bataua* “ungurahui” recolectados en la reserva nacional Alpahuayo Mishana (Perú), en dos estaciones (creciente y vaciante), se realizó el método por solvente en este caso se utilizó éter de petróleo, teniendo un rendimiento de 17,08% (creciente) y 15,41% (vaciante); comparando resultados se muestra mayor porcentaje de rendimiento en época de creciente Perú y Brasil. La diferencia de estos resultados puede ser por la influencia del tipo de suelo, la época de recolección, la forma de cultivo y el método de extracción.

Por su parte Pilco, 2015 (5), en su trabajo de “Optimización del proceso de extracción de aceite de unguurahui (*O. bataua*)” menciona que en el proceso de extracción del aceite de unguurahui, influye la cantidad de solvente utilizado, indicando que a mayor cantidad de solvente utilizado hay mejor extracción del aceite, es por ello que tuvieron un buen porcentaje de rendimiento en relación a 100g de muestra de aceite con valor de $6,28 \pm 0,39$ en base a muestra seca. Si se compara con los resultados obtenidos en Perú y Brasil (época de creciente y vaciante) difieren grandemente porque los porcentajes de rendimiento son altos y no coinciden con los resultados de Pilco que son porcentajes de rendimiento menores a lo obtenido.

Análisis de las propiedades fisicoquímicas de los aceites obtenidos.

La comparación de los resultados de las características fisicoquímicas del aceite de *O. batava* “ungurahui” se describe en la tabla 6. Se ha determinado la comparación de las características fisicoquímicas de los aceites de *O. batava* “ungurahui”, recolectados en dos estaciones (vaciente y creciente) de Loreto (Perú) y Manaus (Brasil), entre ellos podemos mencionar que el índice de acidez del aceite extraído de los frutos recolectados en época vaciante de Perú es menor cuyo resultado fue de 2,72 mgKOH/g, en comparación con el aceite recolectado en Brasil que fue de 3,35 mgKOH/g. En el caso del aceite extraído en época creciente no hubo mucha diferencia en los resultados teniendo para el aceite de Brasil (4,06 mgKOH/g) y para Perú (4,01 mgKOH/g).

El índice de acidez del aceite de *O. batava* “ungurahui”, obtenido del fruto recolectado en época vaciante del Perú y Brasil fueron 2,72 mgKOH/g y 3,35 mgKOH/g, resultado que se encuentra dentro del rango establecido por las normas internacionales de los Alimentos (43)(4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite). De igual manera, Stanciuc (4) señala en su proyecto de investigación sobre extracción y caracterización, realizado en el aceite de *O. batava* “ungurahui” que el índice de acidez es 3,53 mgKOH/g, coincidiendo con los resultados obtenidos.

El índice de saponificación del aceite extraído de los frutos recolectado en época creciente y vaciante en el Perú fue mayor, teniendo como resultados 194,48 y 192,21 mg KOH/g, en comparación con el aceite extraído de los frutos recolectados en Brasil fue de 179,69 y 167,75 mg KOH/g.

El índice de peróxidos en los resultados del aceite extraído de los frutos recolectado en época creciente de Perú y Brasil fue mayor que el aceite extraído de los frutos recolectados en época vaciante tal como se demuestra en el resultado 14,63 meqO₂/Kg y 12,22 meqO₂/Kg; 5,28 meqO₂/Kg y 5,14 meqO₂/Kg, respectivamente.

Según la norma del CODEX Stand 210-1999 (44), muestra la calidad del aceite con una dosis máxima permisible de 15 meqO₂/Kg, por lo que se puede indicar que el índice de peróxido del aceite del presente estudio posee un valor

que se encuentra dentro del rango establecido, cumpliendo el requisito para poder ser un aceite comestible.

Stanciuc (4) reporta similitud en su resultado obtenido, donde menciona 11,51 meqO₂/Kg, resultados que coinciden con el presente estudio de investigación. Por otro lado, Quispe et al. (20) en su estudio "Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de unguurahui" también coinciden sus resultados 4,81 meqO₂/Kg con el límite permisible para ser un aceite comestible.

La comparación del índice de yodo del aceite extraído de los frutos recolectado en ambas épocas de Perú y Brasil, según los resultados no tiene mucha diferencia tal como indican los resultados de 74,01 y 77,18 gl₂/100g (época creciente); 72,39 y 71,89 gl₂/100g (época vaciante).

La Norma Técnica Peruana 151.400.2014 (45) señala que el índice de yodo del aceite se encuentra en función al grado de insaturación. El contenido del índice de yodo de aceite del unguurahui refleja un alto nivel de insaturación, a comparación de otros aceites vegetales. Por otro lado, los valores de saponificación se encontraron dentro del rango permitido e indicado para aceites vegetales. Quispe et al. (20) también da una información similar al presente estudio (193,47%).

Los resultados obtenidos con respecto al material insaponificable del aceite extraído de los frutos recolectado en ambas épocas de Perú y Brasil según los resultados también no tienen mucha diferencia tal como se indican 0,44 y 0,42% (creciente); 0,30 y 0,32% (vaciante).

La comparación con respecto a la densidad del aceite extraído de los frutos recolectado en ambas épocas de Perú y Brasil los resultados están en el mismo promedio tal como se indica 0,9037 y 0,9056 g/cm³ (creciente); 0,9061 y 0,9066 g/cm³ (vaciante).

El CODEX Stan 33-1981 (44), en su norma general para aceites establece que el rango de densidad relativa es de 0,910-0,916; valor similar encontrado en el análisis de la presente investigación. Asimismo; Stanciuc (4) reporta similitud en su resultado obtenido, donde menciona una densidad de 0,908 g/cm³. Por tanto, es un parámetro que está dentro de la calidad de los aceites

y estableciendo que es menos denso, mucho más digerible y con punto de fusión muy bajo. Resultados que afirman que el aceite de *O. bataua* “ungurahui” puede ser utilizado para el consumo humano u otros fines.

Análisis de la caracterización de ácidos grasos

La comparación de los resultados de los ácidos grasos del aceite de *O. bataua* “ungurahui” se describe en la tabla 7. En el aceite de *O. bataua* “ungurahui” recolectados en Perú y Brasil en época creciente y vaciante se observa presencia de los ácidos: oleico como ácidos grasos insaturados (en mayor proporción), palmítico como ácidos grasos saturados, tal como se puede observar en la tabla 7.

Pilco (5), en su investigación optimización del proceso de extracción de aceite de unguahui (*O. bataua*), determinó que el aceite extraído presenta 79,03% de ácido oleico; 11,74% de ácido palmítico. Resultado que se encuentra similar a los resultados obtenidos en este estudio.

Quispe, F. et al. (8), en su investigación la caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de unguahui, encontraron en el perfil de ácidos grasos que el ácido oleico y palmítico como el mayoritario en unguahui, información afín en la presente investigación con respecto al ácido oleico, teniendo como resultado: 80,42% y 79,95% (creciente); 80,71% y 81,75 (vaciante).

Análisis de la actividad antioxidante del aceite de *O. bataua* “ungurahui”

Los resultados de los ensayos de la actividad antioxidante de acuerdo al método utilizado expresaron como microgramo de trolox por gramo de muestra ($\mu\text{gTrolox/g}$) se muestran en la tabla 8. Los resultados obtenidos en las pruebas de medición de la actividad antioxidante utilizando el reactivo de DPPH, cuyos resultados obtenidos indicaron diferencia entre los aceites recolectados en diferentes épocas, siendo el aceite extraído de los frutos recolectados en época vaciante que mostró mejor actividad antioxidante 4,46 μg de Trolox/g (Perú) y 4,47 μg de Trolox/g (Brasil).

Del mismo modo Martínez, (7) en su evaluación de la actividad antioxidante del aceite *O. bataua* (ungurahui) menciona que; obtuvo mejor resultado en aceites de unguahui con un IC50 de 400,8mg/mL mediante el método de

DPPH, cuyo resultado presenta una diferencia significativa con respecto a los resultados obtenidos en la investigación. Cabe resaltar que Pascual & Flores (46) exponen que, a partir del punto de vista nutricional, es importante identificar que un alimento presente alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados; ya que son nutrientes que ayudan a prevenir enfermedades relacionadas con la inflamación.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

En la investigación se utilizó el aceite de *O. bataua* (ungurahui) obteniendo como conclusiones lo siguiente:

1. El rendimiento porcentual del aceite obtenido de los frutos recolectados en Perú y Brasil en época de creciente, mostraron mayor porcentaje de rendimiento.
2. Se realizó el análisis de las características fisicoquímicas, entre ellos cabe mencionar que el índice de acidez del aceite recolectado en época de creciente y vaciante de Perú y Brasil; se encuentran dentro del rango establecido por las normas internacionales de los alimentos. El índice de saponificación expresados en mgKOH/g se encuentran en mayor proporción en época creciente de Perú y Brasil, indicando una alta pureza del aceite. Mientras que el índice de yodo del aceite de *O. bataua* reflejan un alto nivel de insaturación en los ácidos grasos. El material insaponificable recolectadas en ambas épocas de Perú y Brasil, constituyen un porcentaje pequeño y fundamental para composición del aceite.
3. La densidad del aceite extraído de ambas épocas de Perú y Brasil tienen un valor promedio similar, parámetro que está dentro de la calidad de los aceites, estableciendo que es menos denso, mucho más digerible y con punto de fusión muy bajo. Resultados que afirman que el aceite de *O. bataua* “ungurahui” es apto para el consumo humano u otros fines.
4. El análisis de ácidos grasos del aceite recolectados en Perú y Brasil en época creciente y vaciante se observa presencia del ácido oleico como ácidos grasos insaturados (en mayor proporción) y palmítico como ácidos grasos saturados (en menor proporción).
5. El aceite extraído de los frutos recolectados en Perú y Brasil en época vaciante mostró mayor actividad antioxidante, lo cual indica que es mejor captador de radicales en el modelo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Se hace las siguientes recomendaciones:

1. Realizar la determinación de la estabilidad oxidativa de los aceites de *O. bataua* “ungurahui” obtenidos en la investigación mediante el método rancimat, para identificar o estimar el tiempo de inducción o tiempo de estabilidad oxidativa de los aceites, así identificar el tiempo en el que permanece establece los mencionados aceites.
2. Se recomienda estudiar la composición química de la pulpa y semilla del *O. bataua* “ungurahui” para identificar si contienen importante valor nutritivo.
3. Se recomienda incluir en el campo nutritivo al aceite de *O. bataua* “ungurahui”, debido a su alta presencia de grasas insaturadas que ayudará a disminuir el riesgo de sufrir ataque cardíaco, accidente cerebrovascular y otros problemas cardiovasculares.
4. Realizar la comparación de la composición proximal de humedad, lípidos, proteínas, cenizas, carbohidratos y energía de los aceites de *O. bataua* “ungurahui”, recolectados en las dos estaciones (vaciente y creciente) de Loreto (Perú) y Manaos (Brasil).
5. Realizar el análisis de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianidinas aceite de *O. bataua* “ungurahui” recolectados en las dos estaciones (vaciente y creciente) de Loreto (Perú) y Manaos (Brasil).

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Gonzales, A y Torres, G. *Contribuciones al conocimiento de frutales Nativos Amazónicos*. [ed.] PerúCUADROS EIRL. Primera. Loreto - Perú : Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, 2011. pág. 8.
2. Villachica, H. *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia*. . Lima- Perú : Tratado de Cooperación Amazónica, Secretario Pro -Tempore, 1996.
3. Alván, Elias y Dávila, Vicky. *Altura y diámetro de las plantas de Oenocarpus bataua Mart (ungurahui)*. Iquitos : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales, 2015, Conocimiento Amazónico, págs. 59-67.
4. Stanciuc, V. *Extracción y Caracterización del aceite de Ungurahui (Oenocarpus batahua)*. *Proyecto de Investigación*. Lima - Callao : Universidad Nacional del Callao, 2016.
5. Pilco, Gabriela. *Optimización del proceso de extracción de aceite de unguurahui (oenocarpus batahua)*. (Tesis de grado). Ambato-Ecuador : Universidad Técnica de Ambato, 2015.
6. Camacho, R. *Evaluación de la actividad antioxidante e irritabilidad dérmica del aceite de Ungurahui Oenocarpus batahua para uso cosmético*. Tesis de Maestría. Lima- Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015.
7. Martínez, A. *Evaluación la actividad antioxidante de los aceites y de su fracción insaponificable de los frutos de: Mauritia flexuosa (Morete), bactrs gasipaes (Chonta), plukenetia volubilis (Sacha inchi), y oneocarpus Batahua (Ungurahua) utilizando los metodos DPPH y el t*. Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana, 2012.
8. Quispe, F, y otros. *Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de unguurahui (Jessenia polycarpa) y aguaje (Mauritia flexuosa L.) de la Amazonía Peruana*. 2009. Vol. 75.
9. Camacho, R y Carhuapoma, Y. *Evaluación de la actividad antioxidante e irritabilidad dérmica del aceite de Ungurahui (Oenocarpus batahua Mart) para*

- uso cosmético. Tesis de Maestría.* Lima-Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. págs. 14-35.
10. Balick, MJ. *Jessenia y Oenocarpus: Palmas aceiteras neotropicales dignas de ser domesticas.* Roma : Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 1992. pág. 130.
 11. Brack, EA. *Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú.* . Cuzco : Centro de Estudios Regionales y Andinos Bartolomé de las Casas, 1999.
 12. Díaz, J y Avila, L. *Sondeo del mercado mundial de Aceite de Seje (Oenocarpus bataua).* Bogotá : Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2002. págs. 4-9.
 13. Gonzales, A y Torres, G. *Contribuciones al conocimiento de Frutales Nativos Amazónicos.* [ed.] Carlos Cuadros. Primera. Loreto-Perú : PerúCUADROS EIRL., 2011. págs. 39-40.
 14. —. *Manual de producción de plántones de unguurahui.* [ed.] Saúl Pinedo Flor. Primera. Iquitos-Perú : Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, 2011.
 15. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Usos y Aplicaciones de las Plantas Medicinales. Ungurahui. *Usos y Aplicaciones de las Plantas Medicinales. Web Site.* [En línea] IIAP, 2019. [Citado el: 26 de Noviembre de 2019.]<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/CDinvestigacion/IIAP/IIAP2/CapituloII-47.htm>.
 16. Villachica, H. *Villachica H. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia.* Lima : Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaria Pro – Tempore, 1996. pág. 26.
 17. Gonzales, A y Torres, G. *Contribuciones al Conocimiento de Frutales Nativos Amazónicos.* Loreto-Perú : Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, 2011. pág. 39.
 18. Gonzales, A y Torres, G. *Manual de producción de plántones de Oenocarpus bataua C. Martius "Ungurahui".* [ed.] Saúl Pinedo Flor. Primera. Iquitos -Perú : Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, 2011. pág. 5.

19. Diaz, José y Ávila, Lina. *sondeo del mercado mundial de aceites ceje (oneocarpus bataua)*. Bogotá-Colombia : instituto de investigación de recursos biológicos, Alexander Humboldt., 2002.
20. Quispe Jacobo, Fredy, y otros. *Caracterización de Aceites, Tortas y Harinas de frutos de Hungurahui (Jessenia polycarpa) y Aguaje (Mauritia flexuosa) de la Amazonía Peruana*. 75, Lima-Perú : Revista Sociedad Química del Perú, 2009, Vol. 2.
21. Gonzales, A, y otros. Contribuciones al conocimiento de Oenocarpus bataua C. Martius "ungurahui" (Arecaceae) frutal nativo de gran potencial en la Amazonía peruana. [aut. libro] A Gonzales y G. Torres. [ed.] Carlos Cuadros. *Contribuciones al Conocimiento de Frutales Nativos Amazónicos*. Loreto-Perú : Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP; Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP; Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA., 2011, pág. 137.
22. Catalán, Julio, Duràn, Samuel y Torres, Jairo. *Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud*. 3, Chile : Nutrición hospitalaria, 2015, Vol. 32. ISSN 0212-1611.
23. Genius. *Ácidos Grasos*. [En línea] 2019. [Citado el: 08 de Diciembre de 2019.] <https://aguagenius.com/blogs/blog/acidos-grasos/>.
24. Gonzales, Juan Manuel. Curso de Biomoléculas, orientado a estudiantes de Bioquímica y Biología Molecular. *Ácidos grasos y sus derivados*. [En línea] Trilonet. [Citado el: 28 de septiembre de 2021.] <http://www.ehu.eus/biomoleculas/lipidos/lipid31.htm>.
25. Lasallista. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. [aut. libro] J Londoño. *Antioxidantes*. Medellín-Colombia : Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingeniería, 2012, pág. 120.
26. Bardales, JR. *“Evaluación química y fisicoquímica de la almendra de dos especies de sacha inchi, Plukenetia carolis-vegae y Plukenetia huayllabambana de la Amazonia Peruana”*. Iquitos-Perú : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2016. págs. 19-20.

27. Legaz Berbel, Ramsés. Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible. *DENSIDAD* . [En línea] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Junio de 2010. [Citado el: 20 de Diciembre de 2020.] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/4.2.%20Densidad.pdf>.
28. Facultad de Química Farmaceutica. Grasas. *Grasas y Aceites comestibles*. [En línea] 2019. [Citado el: 08 de Diciembre de 2019.] <http://docencia.udea.edu.co/qf/grasas/acidez.html>.
29. Castillo, J. *Evaluación de la estabilidad oxidativa de grasas interesterificadas enzimáticamente*. Santander-Colombia : Universidad Industrial de Santander., 2007.
30. Bardales, JR. “*Evaluación química y fisicoquímica de la almendra de dos especies de sacha inchi, Plukenetia carolis-vegae y Plukenetia huayllabambana de la Amazonia Peruana*”. Iquitos-Perú : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2016.
31. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. *Farmacopea Argentina*. Séptima. Argentina : Ministerio de Salud de Argentina - Instituto Nacional de Medicamentos, 2003.
32. Carbajal, SA y Torres, C. *Evaluación bromatológica del Oenocarpus batahua C (Hungurahui) y su capacidad antioxidante. Tesis de grado*. Iquitos-Perú : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2016. pág. 13.
33. 1, Diccionario Enciclopédico Vox. Diccionario Enciclopédico Vox 1. *The Free Dictionary By Farlex*. [En línea] 2016. [Citado el: 28 de septiembre de 2021.] <https://es.thefreedictionary.com/vaciante>.
34. Real academia Española. *Diccionario panhispánico de dudas*. España : Fundación Pro -Rae, 2019.
35. Hurtado De Barrera, Jacqueline. *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Séptima. Caracas-Venezuela : Ediciones Quirón S.A., 2015. pág. 432. ISBN: 978-980-6306-66-0.

36. —. *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas : Fundación Sypal, 2000. ISBN 980-6306-06-6..
37. *American Oil Chemist's Society*. A.O.C.S. 2014, Vols. Ca 5a-40.
38. AOAC International. *Official Methods of Analysis*. 15th Edition . Washington DC : Association of Official Analytical Chemist, 1990.
39. International, AOAC. *American Oil Chemist's Society*. 2014.
40. *Animal and vegetable fats and oils. Determination of conventional mass per volume (litre wigth in air)*. UNE-EN ISO. 2012, 2012, Vol. 6883.
41. Sharma, O.P. *Food Chemistry*. 2009.
42. Mensor, L.L. et al. *Phytother*. 2001. págs. 127-130.
43. Normas Internacionales de los Alimentos. Codex Alimentarius. *Normas*. [En línea] Organización Mundial de la salud, 2019. [Citado el: 7 de diciembre de 2021.] <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>.
44. Codex Alimentarius. *Código de prácticas para reducir los ésteres de 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPDE) y los ésteres glicídílicos (GE) en los aceites refinados y en los productos de aceites refinados CXC* . Roma-Italia : Normas internacionales de los alimentos, 2019.
45. Norma Técnica Peruana. *SACHA INCHI. Aceite. Requisitos. 3ª Edición Reemplaza a la NTP 151.400:2014 y a la NTP 151.400:2014/ENM 1:2014*. . Lima : Normas legales. 2019. El Peruano., 2018.
46. Pascual, Karol y Flores, Gabriela. *Determinación de las características físico-químicas, capacidad antioxidante y perfil de ácidos grasos del aceite de Ungurahui (Oenocarpus batauaa cMart)*. Lima-Perú : Universidad Peruana Union, 2020.
47. Viorica. *Extracción y Caracterización del Aceite de Ungurahui (Oenocarpus batahua)*. Callao-Lima : Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química., 2016.
48. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. *Aceites Especiales*. Lima - Perú : Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2019.

ANEXOS

1. Estadística complementaria

- Cálculo del rendimiento porcentual de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante (Perú)

Tabla 9. Rendimiento porcentual de aceites (Perú)

Repeticiones	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de balón (g)	106,6060	100,9770	102,0760	102,6062	100,8954	101,6516
Peso de muestra (g)	5,0005	5,0004	5,0006	5,0006	5,0006	5,0005
Peso del balón + Peso del aceite (g)	107,9724	102,3460	103,4428	104,0795	102,3654	103,1229
Peso de aceite (g)	1,3664	1,3690	1,3668	1,4733	1,4700	1,4713
% aceite (muestra seca)	27,3253	27,3778	27,3327	29,4625	29,3965	29,4231
% aceite (muestra fresca)	17,0712	17,1040	17,0758	15,4282	15,3937	15,4076
Promedio (muestra fresca)	17,0837 ± 0,0178			15,4098 ± 0,0174		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

Cálculo del promedio:

1. $\%A = \frac{1,3664}{5,0005} \times 100 = 27,3253\%$, en m. f. $\rightarrow 27,3253\% \times \left(1 - \frac{37,5260}{100}\right) \rightarrow 17,0712\%$
2. $\%A = \frac{1,3690}{5,0004} \times 100 = 27,3778\%$, en m. f. $\rightarrow 27,3778\% \times \left(1 - \frac{37,5260}{100}\right) \rightarrow 17,1040\%$
3. $\%A = \frac{1,3668}{5,0006} \times 100 = 27,3327\%$, en m. f. $\rightarrow 27,3327\% \times \left(1 - \frac{37,5260}{100}\right) \rightarrow 17,0758\%$

$$\bar{X} = \frac{17,0712+17,1040+17,0758}{3} = 17,0837\% \rightarrow 17,08\%$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(17,0712-17,0837)^2+(17,1040-17,0837)^2+(17,0758-17,0837)^2}{3-1}} = 0,0178 \rightarrow 0,02$$

- Cálculo del rendimiento porcentual de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante (Brasil)

Tabla 10. Rendimiento porcentual de aceites (Brasil)

	Muestra prensada (g)	Masa del aceite (g)	Rendimiento del aceite en muestra seca (%)
<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)	2200,00	800,00	36,36
<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)	857,15	298,00	34,77

Creciente

$$\%R = \frac{m_f}{m_i} \times 100\%$$

$$\%R = \frac{800 \text{ g}}{2200 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%R \text{ muestra seca} = 36,36$$

$$\% R \text{ muestra fresca} = 36,36 \text{ m. s. } \left(1 - \frac{47,5700}{100}\right) = 19,06$$

Vaciante

$$\%R = \frac{m_f}{m_i} \times 100\%$$

$$\%R = \frac{298 \text{ g}}{857.15 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%R \text{ muestra seca} = 34,77$$

$$\% R \text{ muestra fresca} = 34,77 \text{ m. s. } \left(1 - \frac{47,5700}{100}\right) = 18,23$$

- Cálculo del % de ácidos grasos libres y datos convertidos a índice de acidez; de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 11. % de ácidos grasos libres (Perú)

	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones						
Peso de la muestra (g)	5,0001	5,0000	5,0001	5,0000	5,0000	5,0001
Concentración Molar del NaOH	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969
Vol. NaOH (mL)	3,70	3,70	3,65	2,50	2,50	2,50
% ácidos grasos libres	2,0221	2,0221	1,9947	1,3663	1,3663	1,3663
Índice de acidez mgKOH/g	4,0239	4,0240	3,9695	2,7189	2,7189	2,7189
Promedio	4,0058 ± 0,0314			2,7189 ± 0,0000		

Tabla 12. % de ácidos grasos libres (Brasil)

	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones						
Peso de la muestra (g)	5,0002	5,0002	5,0002	5,0002	5,0002	5,0001
Concentración Molar del NaOH	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969	0,0969
Vol. NaOH (mL)	3,75	3,75	3,70	3,10	3,10	3,05
% ácidos grasos libres	2,0494	2,0494	2,0220	1,6941	1,6941	1,6668
Índice de acidez mgKOH/g	4,0782	4,0782	4,0238	3,3713	3,3713	3,3170
Promedio	4,0601 ± 0,0314			3,3532 ± 0,0314		

Para *O. bataua* “ungurahui” (Perú/creciente)

$$1. \text{ AGL} = \frac{3,70 \times 0,0969 \times 28,2}{5,0001} = 2,0221, \text{ Conversión a índice de acidez: } 2,0221 \times 1,99 = 4,0239$$

$$2. \text{ AGL} = \frac{3,70 \times 0,0969 \times 28,2}{5,0000} = 2,0221, \text{ Conversión a índice de acidez: } 2,0221 \times 1,99 = 4,0240$$

$$3. \text{ AGL} = \frac{3,65 \times 0,0969 \times 28,2}{5,0001} = 1,9947, \text{ Conversión a índice de acidez: } 2,0221 \times 1,99 = 3,9695$$

$$\bar{X} = \frac{4,0239 + 4,0240 + 3,9695}{3} = 4,0058 \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}} \rightarrow 4,01 \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4,0239 - 4,0058)^2 + (4,0240 - 4,0058)^2 + (3,9695 - 4,0058)^2}{3-1}} = 0,0314 \rightarrow 0,03$$

- Cálculo del índice de saponificación de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 13. Índice de saponificación de aceites (Perú)

	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	5,0002	5,0000	5,0002	5,0000	5,0001	5,0002
Blanco (mL)	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50
Vol. H ₂ SO ₄ (mL)	11,40	11,40	11,40	11,60	11,60	11,60
Concentración Normal del H ₂ SO ₄	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137
Índice de saponificación mgKOH/g	194,4808	194,4886	194,4808	192,2139	192,2100	192,2062
Promedio	194,4834 ± 0,0045			192,2100 ± 0,0038		

Tabla 14. Índice de saponificación de aceites (Brasil)

	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	5,0002	5,0002	5,0003	5,0000	5,0005	5,0005
Blanco (mL)	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50
Vol. H ₂ SO ₄ (mL)	12,70	12,70	12,70	13,75	13,75	13,75
Concentración Normal del H ₂ SO ₄	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137	1,0137
Índice de saponificación mgKOH/g	179,6957	179,6957	179,6921	167,7606	167,7439	167,7439
Promedio	179,6945 ± 0,0021			167,7494 ± 0,0097		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

$$1. IS = \frac{(28,50 - 11,40) \times 1,0137 \times 56,1}{5,0002} = 194,4808$$

$$2. IS = \frac{(28,50 - 11,40) \times 1,0137 \times 56,1}{5,0000} = 194,4886$$

$$3. IS = \frac{(28,50 - 11,40) \times 1,0137 \times 56,1}{5,0002} = 194,4808$$

$$\bar{X} = \frac{194,4808 + 194,4886 + 194,4808}{3} = 194,4834 \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}} \rightarrow 194,48 \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(194,4808 - 194,4834)^2 + (194,4886 - 194,4834)^2 + (194,4808 - 194,4834)^2}{3-1}} = 0,0045 \rightarrow 0,00$$

- Cálculo del índice de peróxido de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 15. Índice de peróxidos de aceites (Perú)

	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones						
Peso de la muestra (g)	2,5003	2,5002	2,5003	2,5001	2,5002	2,5002
Blanco (mL)	12,20	12,20	12,20	8,70	8,70	8,70
Vol. Tiosulfato (mL)	15,85	15,85	15,85	10,00	10,05	10,00
Concentración Normal del Tiosulfato	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002
Índice de peróxido meqO ₂ /Kg	14,6274	14,6280	14,6274	5,2102	5,4104	5,2100
Promedio	14,6276 ± 0,0003			5,2768 ± 0,1156		

Tabla 16. Índice de peróxidos de aceites (Brasil)

	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones						
Peso de la muestra (g)	2,5000	2,5001	2,5000	2,5003	2,5000	2,5002
Blanco	1,70mL	1,70mL	1,70mL	1,10mL	1,10mL	1,10mL
Vol. Tiosulfato (mL)	4,75	4,75	4,75	2,40	2,35	2,40
Concentración Normal del Tiosulfato	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002	0,01002
Índice de peróxido meqO ₂ /Kg	12,2244	12,2239	12,2244	5,2098	5,0100	5,2100
Promedio	12,2242 ± 0,0003			5,1433 ± 0,1154		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

$$1. IP = \frac{(15,85-12,20) \times 0,01002 \times 1000}{2,5003} = 14,6274$$

$$2. IP = \frac{(15,85-12,20) \times 0,01002 \times 1000}{2,5002} = 14,6280$$

$$3. IP = \frac{(15,85-12,20) \times 0,01002 \times 1000}{2,5003} = 14,6274$$

$$\bar{X} = \frac{14,6274+14,6280+14,6274}{3} = 14,6276 \frac{\text{meqO}_2}{\text{Kg}} \rightarrow 14,63 \frac{\text{meqO}_2}{\text{Kg}}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(14,6274-14,6276)^2+(14,6280-14,6276)^2+(14,6274-14,6276)^2}{3-1}} = 0,0003 \rightarrow 0,00$$

- Cálculo del índice de yodo de aceites de *O. batava* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 17. Índice de yodo de aceites (Perú)

	<i>O. batava</i> (Perú/creciente)			<i>O. batava</i> (Perú/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	0,2001	0,2002	0,2002	0,2002	0,2003	0,2002
Blanco (mL)	39,55	39,55	39,55	39,55	39,55	39,55
Vol. Tiosulfato (mL)	27,90	27,90	27,90	28,15	28,15	28,15
Concentración Normal del Tiosulfato	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002
Índice de yodo gI ₂ /100g	74,0301	73,9931	73,9931	72,4053	72,3691	72,4053
Promedio	74,0054 ± 0,0213			72,3932 ± 0,0209		

Tabla 18. Índice de yodo de aceites (Brasil)

	<i>O. batava</i> (Brasil/creciente)			<i>O. batava</i> (Brasil/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	0,2002	0,2001	0,2002	0,2001	0,2002	0,2002
Blanco (mL)	39,55	39,55	39,55	39,55	39,55	39,55
Vol. Tiosulfato (mL)	27,40	27,40	27,40	28,25	28,20	28,25
Concentración Normal del Tiosulfato	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002
Índice de yodo gI ₂ /100g	77,1688	77,2073	77,1688	71,8060	72,0877	71,7701
Promedio	77,1816 ± 0,0223			71,8879 ± 0,1739		

Para *O. batava* (Perú/Creciente)

$$1. IY = \frac{(39,55-27,90) \times 0,1002 \times 12,69}{0,2001} = 74,0301$$

$$2. IY = \frac{(39,55-27,90) \times 0,1002 \times 12,69}{0,2002} = 73,9931$$

$$3. IY = \frac{(39,55-27,90) \times 0,1002 \times 12,69}{0,2002} = 73,9931$$

$$\bar{X} = \frac{74,0301+73,9931+73,9931}{3} = 74,0054 \frac{gI_2}{100g} \rightarrow 74,01 \frac{gI_2}{100g}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(74,0331-74,0054)^2+(73,9931-74,0054)^2+(73,9931-74,0054)^2}{3-1}} = 0,0213 \rightarrow 0,02$$

- Cálculo del % de materia insaponificable de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 19. % de materia insaponificable de aceites (Perú)

	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	5,0002	5,0000	5,0000	5,0003	5,0000	5,0000
Peso del balón vacío	102,3074	85,9498	102,0659	102,0639	101,5054	99,4232
Peso del balón vacío + Muestra seca	102,3450	85,9844	102,0837	102,0793	101,5264	99,4440
Peso de la muestra seca	0,0376	0,0346	0,0178	0,0154	0,0210	0,0208
Concentración Normal del NaOH	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Vol. NaOH (mL)	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	0,30
Corrección del peso	0,0056	0,0056	0,0056	0,0017	0,0017	0,0017
Peso del blanco	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
% Materia insaponificable	0,5900	0,5300	0,1940	0,2244	0,3364	0,3324
Promedio	0,4380 ± 0,2134			0,2977 ± 0,0635		

Tabla 20. % de materia insaponificable de aceites (Brasil)

	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	5,0001	5,0001	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Peso del balón vacío	106,5998	102,3076	102,0661	106,5976	102,3112	99,4232
Peso del balón vacío + Muestra seca	106,6326	102,3325	102,0986	106,6175	102,3310	99,4460
Peso de la muestra seca	0,0328	0,0249	0,0325	0,0199	0,0198	0,0228
Concentración Normal del NaOH	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Vol. NaOH (mL)	1,20	1,20	1,20	0,40	0,40	0,45
Corrección del peso	0,0067	0,0067	0,0067	0,0022	0,0022	0,0025
Peso del blanco	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
% Materia insaponificable	0,4716	0,3136	0,4656	0,3032	0,3012	0,3556
Promedio	0,4169 ± 0,0895			0,3200 ± 0,0308		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

$$1. \%MI = \frac{0,0376 - (0,0056 + 0,0025)}{5,0002} \times 100 = 0,5900\%$$

$$2. \%MI = \frac{0,0346 - (0,0056 + 0,0025)}{5,0000} \times 100 = 0,5300\%$$

$$3. \%MI = \frac{0,0178 - (0,0056 + 0,0025)}{5,0000} \times 100 = 0,1940\%$$

$$\bar{X} = \frac{0,5900 + 0,5300 + 0,1940}{3} = 0,4380\% \rightarrow 0,44\%$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,5900 - 0,4380)^2 + (0,5300 - 0,4380)^2 + (0,1940 - 0,4380)^2}{3 - 1}} = 0,2134 \rightarrow 0,21$$

- Cálculo de la densidad de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante.

Tabla 21. Densidad de aceites (Perú)

	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
Repeticiones	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso del picnómetro (g)	12,6617	12,6617	12,6617	12,5432	12,5432	12,5432
Peso del picnómetro + agua	17,6020	17,6020	17,6020	17,4879	17,4879	17,4879
Masa del agua	4,9403	4,9403	4,9403	4,9447	4,9447	4,9447
Densidad del agua a 20°C	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821
Vol. del agua (cm ³)	4,9492	4,9492	4,9492	4,9536	4,9536	4,9536
Peso del picnómetro + aceite	17,1383	17,1329	17,1313	17,0339	17,0287	17,0316
Masa del aceite (g)	4,4766	4,4712	4,4696	4,4907	4,4855	4,4884
Densidad del aceite (g/cm ³)	0,9045	0,9034	0,9031	0,9066	0,9055	0,9061
Promedio	0,9037 ± 0,0007			0,9061 ± 0,0005		

Tabla 22. Densidad de aceites (Brasil)

Repeticiones	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso del picnómetro (g)	12,5432	12,5432	12,5432	12,6616	12,6616	12,6616
Peso del picnómetro + agua	17,4920	17,4920	17,4920	17,6084	17,6084	17,6084
Masa del agua	4,9488	4,9488	4,9488	4,9468	4,9468	4,9468
Densidad del agua a 20°C	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821
Vol. del agua (cm ³)	4,9577	4,9577	4,9577	4,9557	4,9557	4,9557
Peso del picnómetro + aceite	17,0378	17,0310	17,0292	17,1616	17,1507	17,1514
Masa del aceite (g)	4,4946	4,4878	4,4860	4,5000	4,4891	4,4898
Densidad del aceite (g/cm ³)	0,9066	0,9052	0,9049	0,9081	0,9059	0,9060
Promedio	0,9056 ± 0,0009			0,9066 ± 0,0012		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

$$1. D = \frac{4,4766}{4,9492} = 0,9045$$

$$2. D = \frac{4,4712}{4,9492} = 0,9034$$

$$3. D = \frac{4,4696}{4,9492} = 0,9031$$

$$\bar{X} = \frac{0,9045+0,9034+0,9031}{3} = 0,9037 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \rightarrow 0,90 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,9045-0,9037)^2+(0,9034-0,9037)^2+(0,9031-0,9037)^2}{3-1}} = 0,2134 \rightarrow 0,21$$

- Cálculo de la actividad antioxidante de aceites de *O. batava* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante por el método de DPPH

Tabla 23. Curva estándar trolox - DPPH

Curva N°01		Curva N°02	
[] Trolox (μM)	% Inhibición	[] Trolox (μM)	% Inhibición
5	9,6574	5	6,2002
10	21,8914	10	17,8429
15	32,9898	15	30,4725
20	43,7255	20	40,7695
25	54,6426	25	53,3892

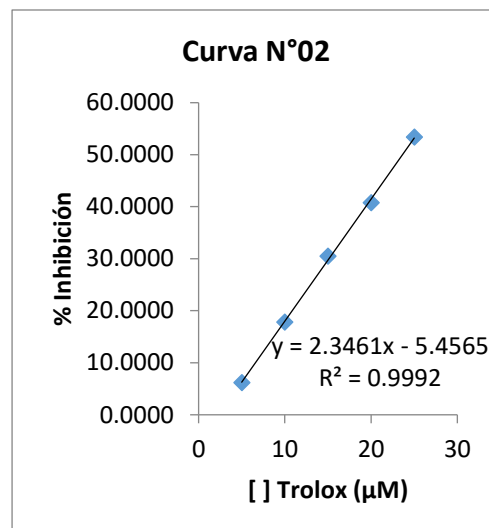
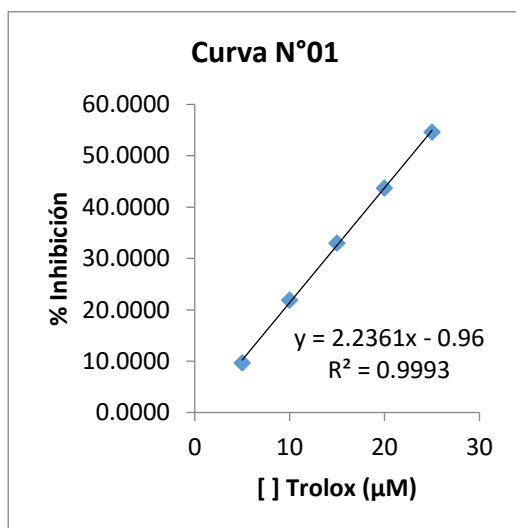


Tabla 24. Actividad antioxidante de aceites (Perú)

Repeticiones	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	3,0002	3,0003	3,0001	3,0000	3,0002	3,0003
Absorbancia de la muestra	0,8533	0,8551	0,8550	0,8207	0,8261	0,8083
Absorbancia del blanco	0,0031	0,0031	0,0031	0,0136	0,0136	0,0136
Absorbancia del control	0,9903	0,9903	0,9903	1,0446	1,0446	1,0446
% Inhibición	14,1472	13,9655	13,9756	22,7360	22,2190	23,9230
Factor de dilución	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000
µM Trolox en solución madre	8,3559	8,2784	8,2827	10,5970	10,3658	11,1279
Vol. extracto (L)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
µmol de Trolox/g (aceite)	0,0139	0,0138	0,0138	0,0177	0,0173	0,0185
µg de Trolox/g (aceite)	3,4854	3,4530	3,4550	4,4205	4,3238	4,6415
Promedio	3,4645 ± 0,0182			4,4620 ± 0,1629		

Tabla 25. Actividad antioxidante de aceites (Brasil)

Repeticiones	<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)			<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso de la muestra (g)	3,0001	3,0000	3,0000	3,0003	3,0002	3,0003
Absorbancia de la muestra	0,9068	0,9054	0,9056	0,8136	0,8148	0,8140
Absorbancia del blanco	0,0046	0,0046	0,0046	0,0096	0,0096	0,0096
Absorbancia del control	0,9903	0,9903	0,9903	1,0446	1,0446	1,0446
% Inhibición	8,8963	9,0377	9,0175	23,0327	22,2179	22,9944
Factor de dilución	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000	1000/1000
µM Trolox en solución madre	6,1177	6,1780	6,1694	10,7297	10,6784	10,7126
Vol. extracto (L)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
µmol de Trolox/g (aceite)	0,0102	0,0103	0,0103	0,0179	0,0178	0,0179
µg de Trolox/g (aceite)	2,5519	2,5771	2,5736	4,4755	4,4542	4,4683
Promedio	2,5675 ± 0,0136			4,4660 ± 0,0108		

Para *O. bataua* (Perú/creciente)

Se utilizó la ecuación de la segunda curva de Trolox:

$$1. AA = \frac{14,15+5,4565}{2,3461} x1 = 8,36 \mu\text{MTrolox} \rightarrow \frac{8,36x0,005}{3,0002} = \frac{0,0139 \mu\text{mol de Trolox}}{\text{g(aceite)}} \times \frac{250,29\text{g}}{1\text{mol de Trolox}} = 3,4854 \frac{\mu\text{g deTrolox}}{\text{g (aceite)}}$$

$$2. AA = \frac{13,97+5,4565}{2,3461} x1 = 8,28 \mu\text{MTrolox} \rightarrow \frac{8,28x0,005}{3,0003} = \frac{0,0138 \mu\text{mol de Trolox}}{\text{g(aceite)}} \times \frac{250,29\text{g}}{1\text{mol de Trolox}} = 3,4530 \frac{\mu\text{g deTrolox}}{\text{g (aceite)}}$$

$$3. AA = \frac{13,98+5,4565}{2,3461} x1 = 8,28 \mu\text{MTrolox} \rightarrow \frac{8,28x0,005}{3,0001} = \frac{0,0138 \mu\text{mol de Trolox}}{\text{g(aceite)}} \times \frac{250,29\text{g}}{1\text{mol de Trolox}} = 3,4550 \frac{\mu\text{g deTrolox}}{\text{g (aceite)}}$$

$$\bar{X} = \frac{3,4854+3,4530+3,4550}{3} = 3,4645 \frac{\mu\text{g deTrolox}}{\text{g (aceite)}} \rightarrow 3,46 \frac{\mu\text{g deTrolox}}{\text{g (aceite)}}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(3,4854-3,4646)^2+(3,4530-3,4646)^2+(3,4550-3,4646)^2}{3-1}} = 0,0182 \rightarrow 0,02$$

- Datos de la caracterización de ácidos grasos de aceites de *O. bataua* “ungurahui” colectados en épocas de creciente y vaciante

Tabla 26. Ácidos grasos de aceites (Perú, creciente)

Ácido graso	<i>O. bataua</i> (Perú/creciente)			Promedio	Desviación estándar
	R1	R1	R1		
Ácido palmítico	14,1880	14,0660	14,0970	14,1170	0,0634
Ácido palmitoleico	0,3600	0,3390	0,3400	0,3463	0,0118
Ácido esteárico	2,3190	2,3220	2,3740	2,3383	0,0309
Ácido oleico	80,2970	80,5500	80,4270	80,4247	0,1265
Ácido linoleico	2,2260	2,1600	2,1920	2,1927	0,0330
Ácido linolénico	0,6100	0,5630	0,5690	0,5807	0,0256

Tabla 27. Ácidos grasos de aceites (Perú, vaciante)

Ácido graso	<i>O. bataua</i> (Perú/vaciante)			Promedio	Desviación estándar
	R1	R1	R1		
Ácido palmítico	13,8170	13,9230	13,8490	13,8630	0,0544
Ácido palmitoleico	0,6850	0,6920	0,6860	0,6877	0,0038
Ácido esteárico	1,4290	1,4440	1,4310	1,4347	0,0081
Ácido oleico	80,7410	80,6180	80,7770	80,7120	0,0834
Ácido linoleico	2,5600	2,5440	2,4860	2,5300	0,0389
Ácido linolénico	0,7680	0,7800	0,7710	0,7730	0,0062

Tabla 28. Ácidos grasos de aceites (Brasil, creciente)

<i>O. bataua</i> (Brasil/creciente)					
Ácido graso	R1	R1	R1	Promedio	Desviación estándar
Ácido palmítico	13,7320	13,7460	13,7330	13,7370	0,0078
Ácido palmitoleico	0,5190	0,5160	0,5190	0,5180	0,0017
Ácido esteárico	2,4490	2,4950	2,4720	2,4720	0,0230
Ácido oleico	79,9530	79,9150	79,9840	79,9507	0,0346
Ácido linoleico	2,7540	2,7420	2,7140	2,7367	0,0205
Ácido linolénico	0,5930	0,5870	0,5780	0,5860	0,0075

Tabla 29. Ácidos grasos de aceites (Brasil, vaciante)

<i>O. bataua</i> (Brasil/vaciante)					
Ácido graso	R1	R1	R1	Promedio	Desviación estándar
Ácido palmítico	11,6200	11,6750	11,7140	11,6697	0,0472
Ácido palmitoleico	0,6790	0,6830	0,6850	0,6823	0,0031
Ácido esteárico	2,8870	2,8670	2,8790	2,8777	0,0101
Ácido oleico	81,8450	81,7450	81,6640	81,7513	0,0907
Ácido linoleico	2,3820	2,4080	2,4310	2,4070	0,0245
Ácido linolénico	0,5870	0,6220	0,6260	0,6117	0,0215

2. Instrumentos de recolección de datos

Figura 18. Aceites *O. bataua* “ungurahui”

O. bataua
(Perú/creciente)



O. bataua
(Perú/vaciante)



O. bataua
(Brasil/creciente)



O. bataua
(Brasil/vaciante)



PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Figura 19. Determinación de ácidos grasos libres (índice de acidez)

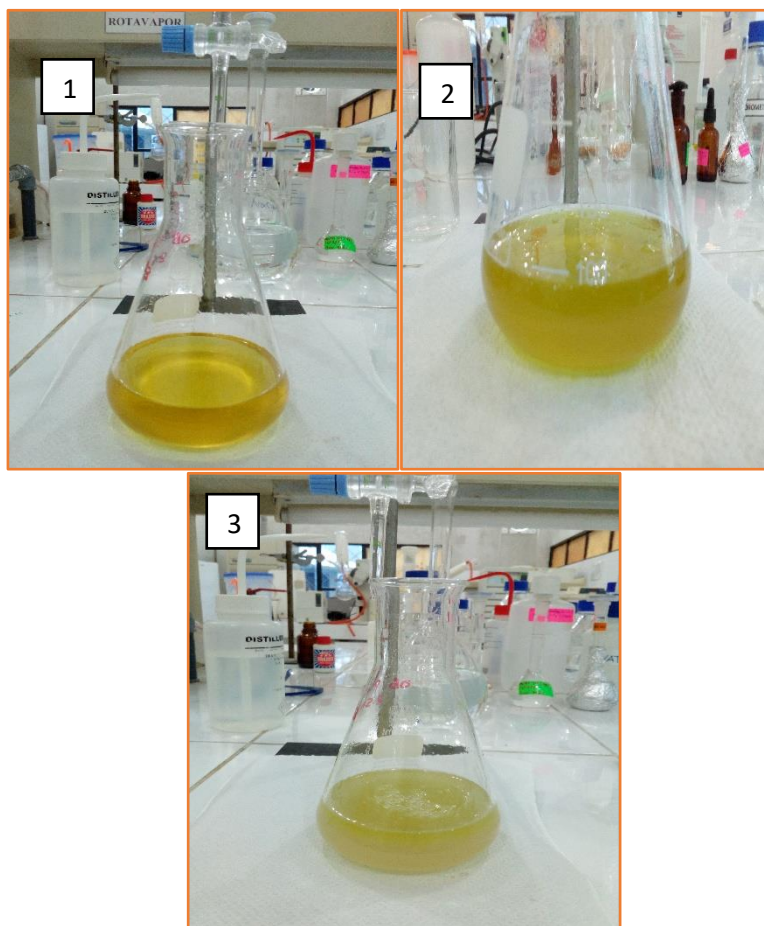


Figura 20. Determinación del índice de saponificación

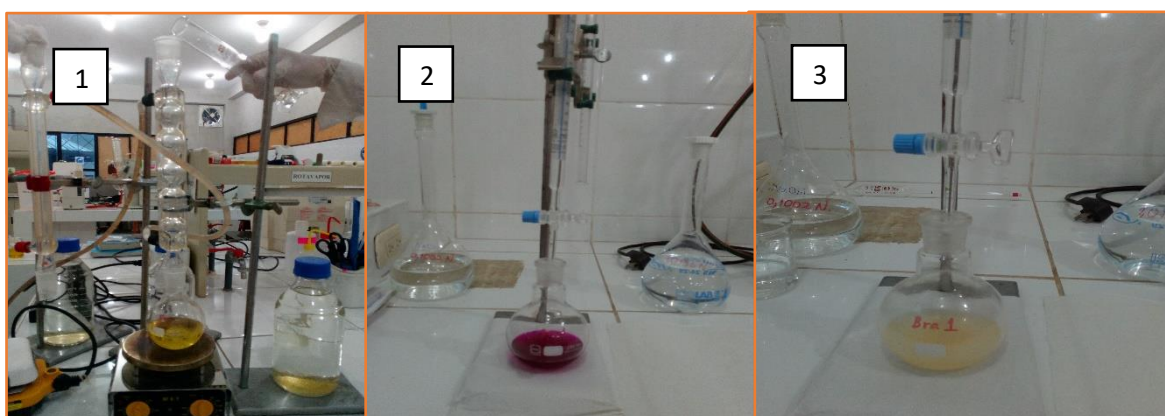


Figura 21. Determinación del índice de peróxido

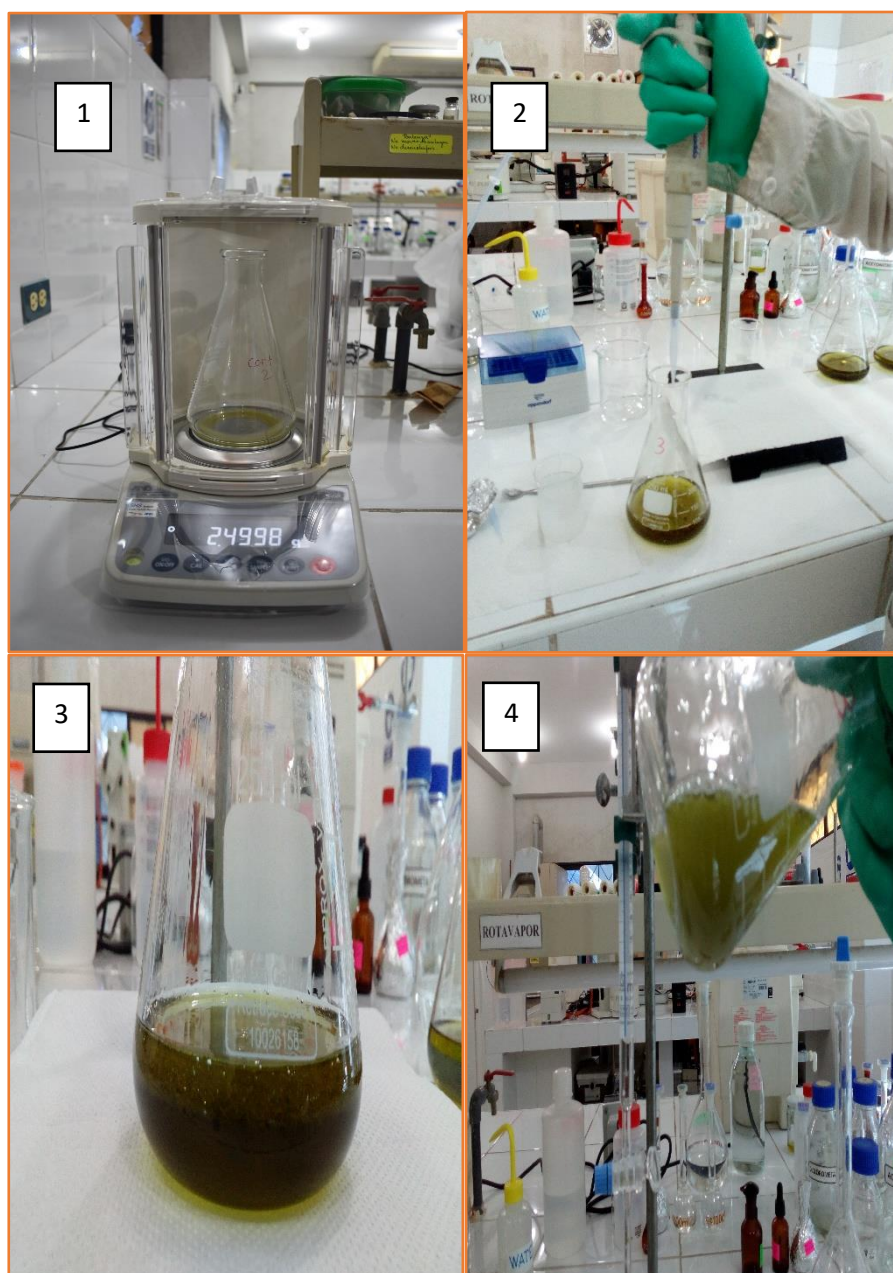


Figura 22. Determinación del índice de yodo

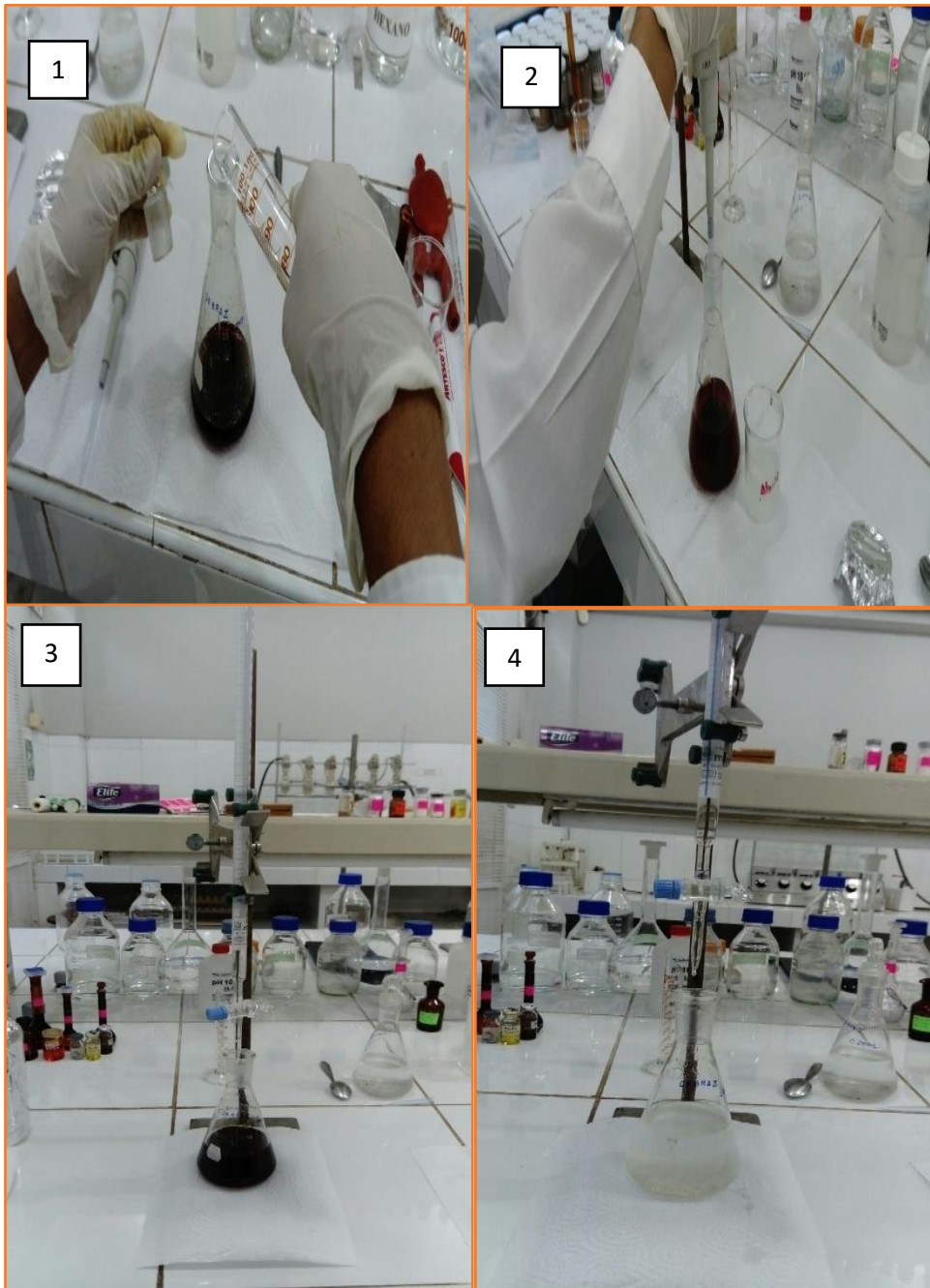


Figura 23. Determinación de materia insaponificable

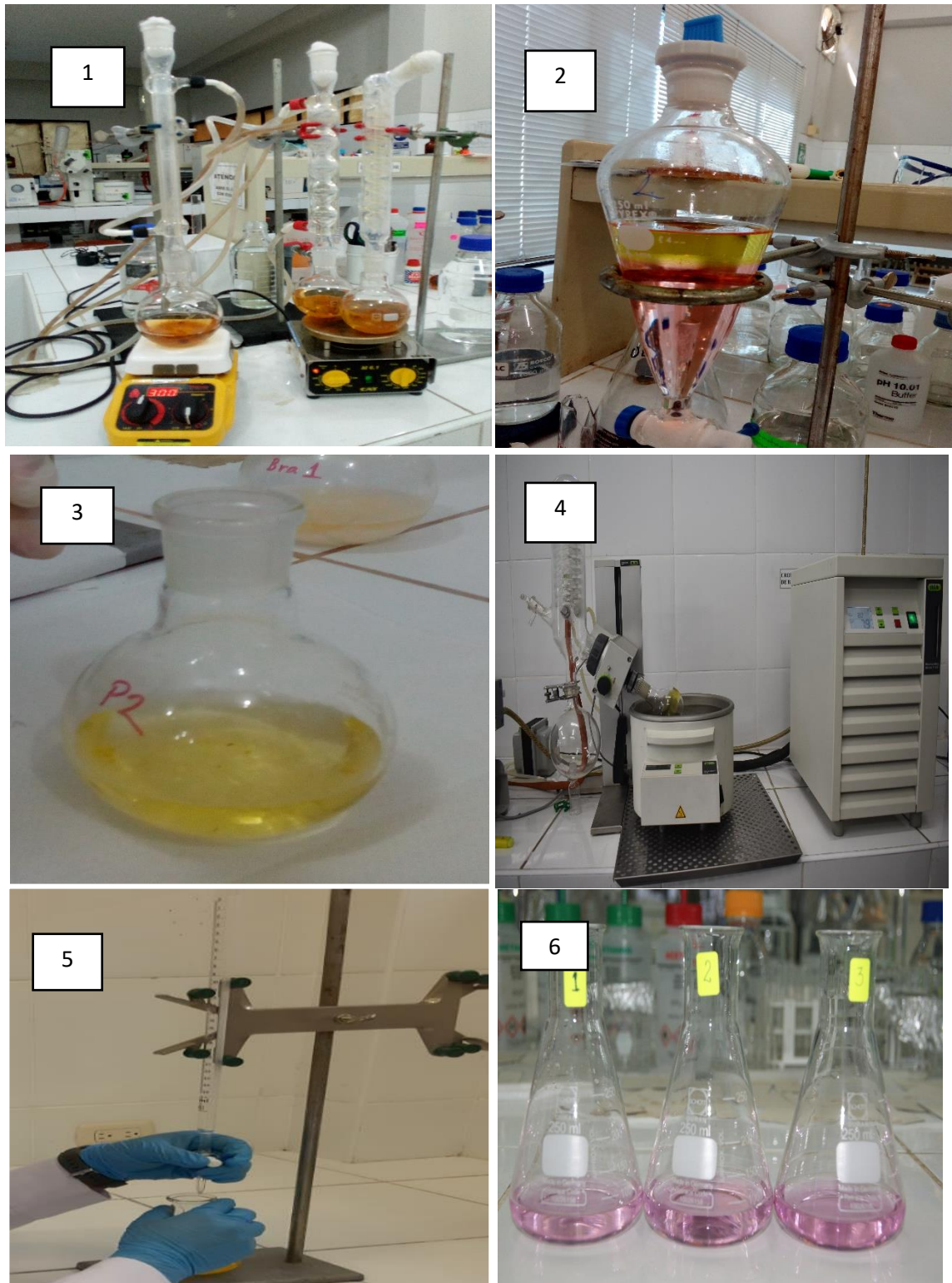


Figura 24. Determinación de la densidad

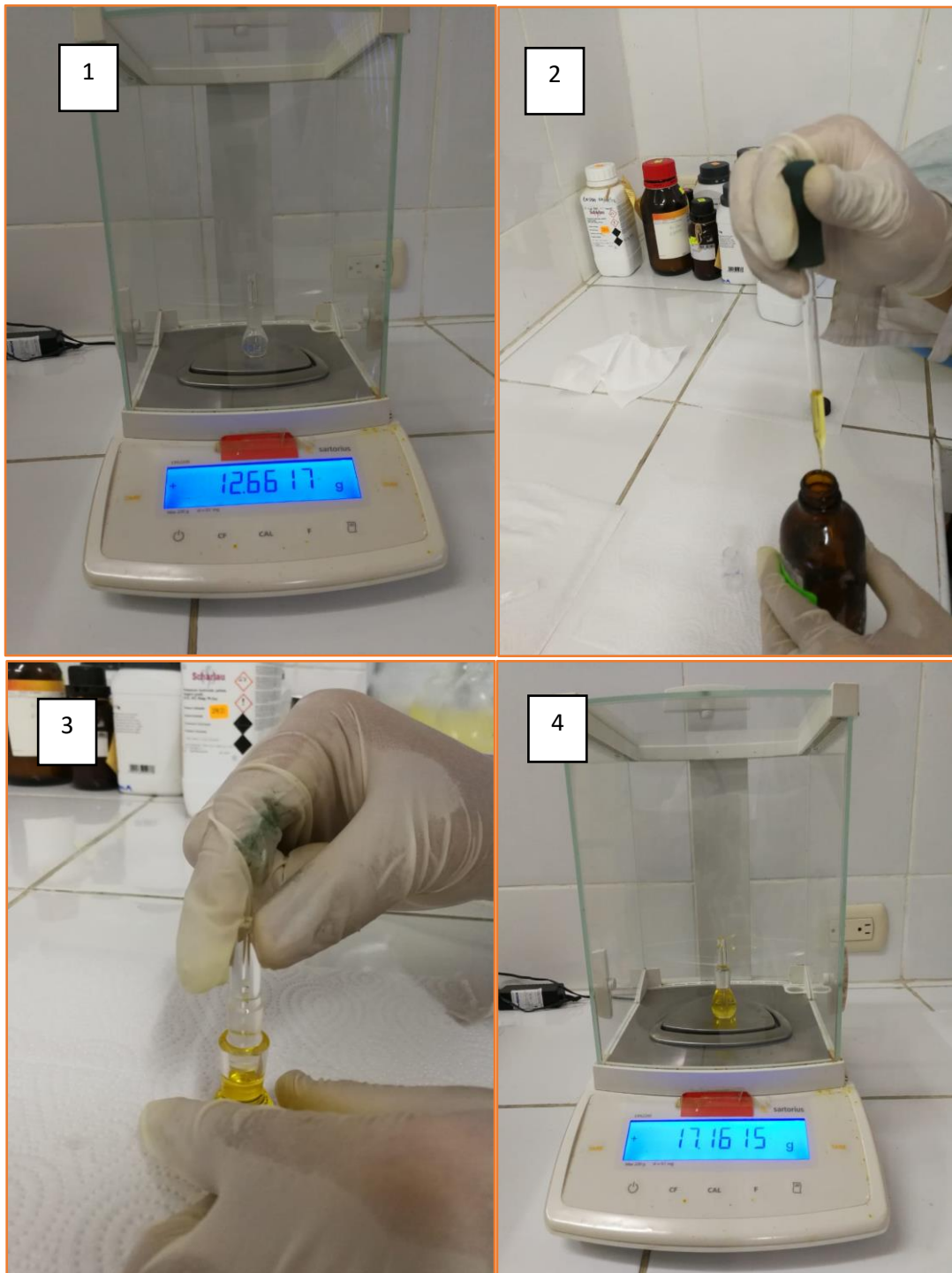


Figura 25. Determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

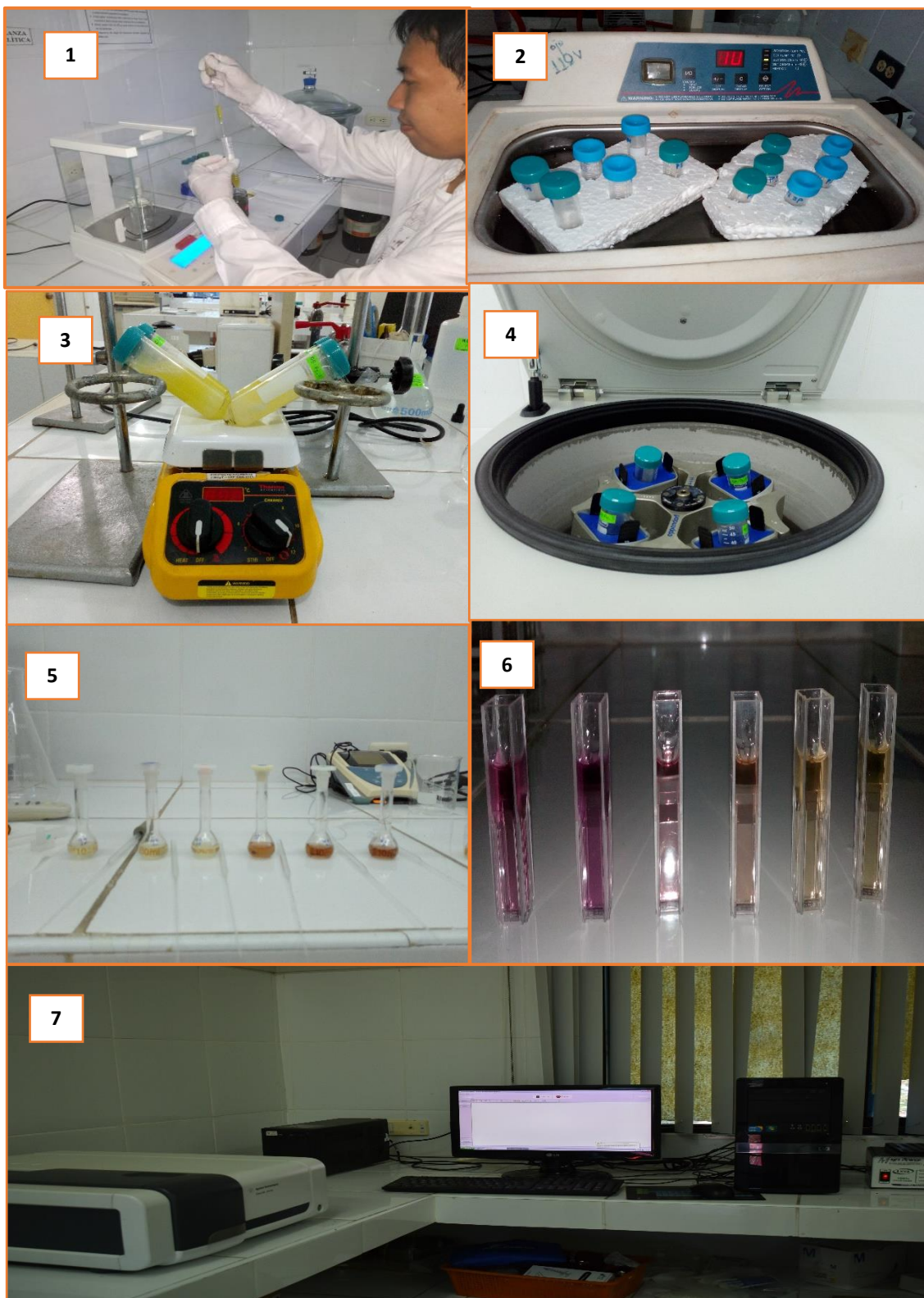


Figura 26. Cromatograma de ácidos grasos *O. bataua* “ungurahui”
(Perú/creciente)

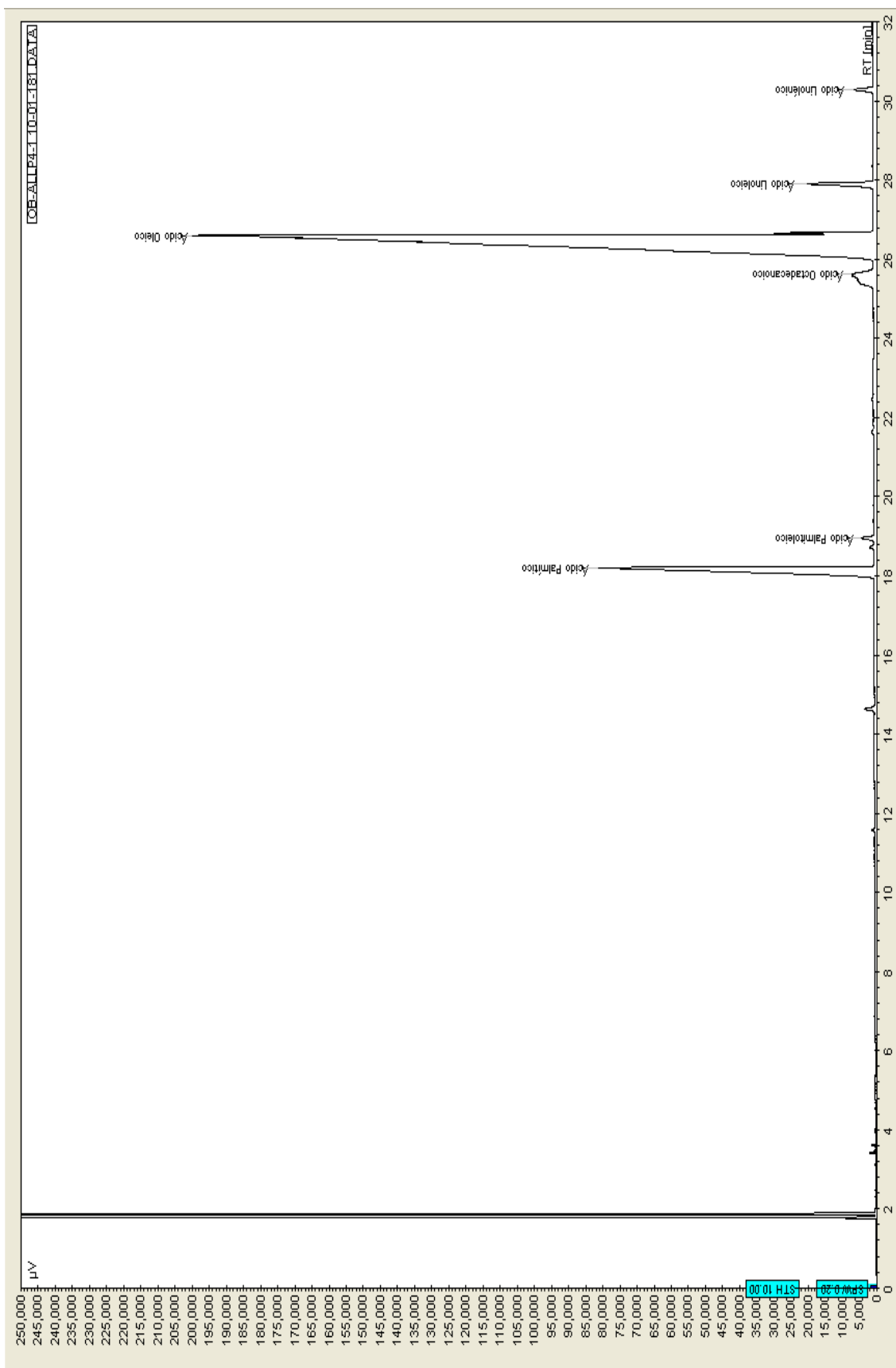


Figura 27. Cromatograma de ácidos grasos *O. bataua* “ungurahui”
(Perú/vaciante)

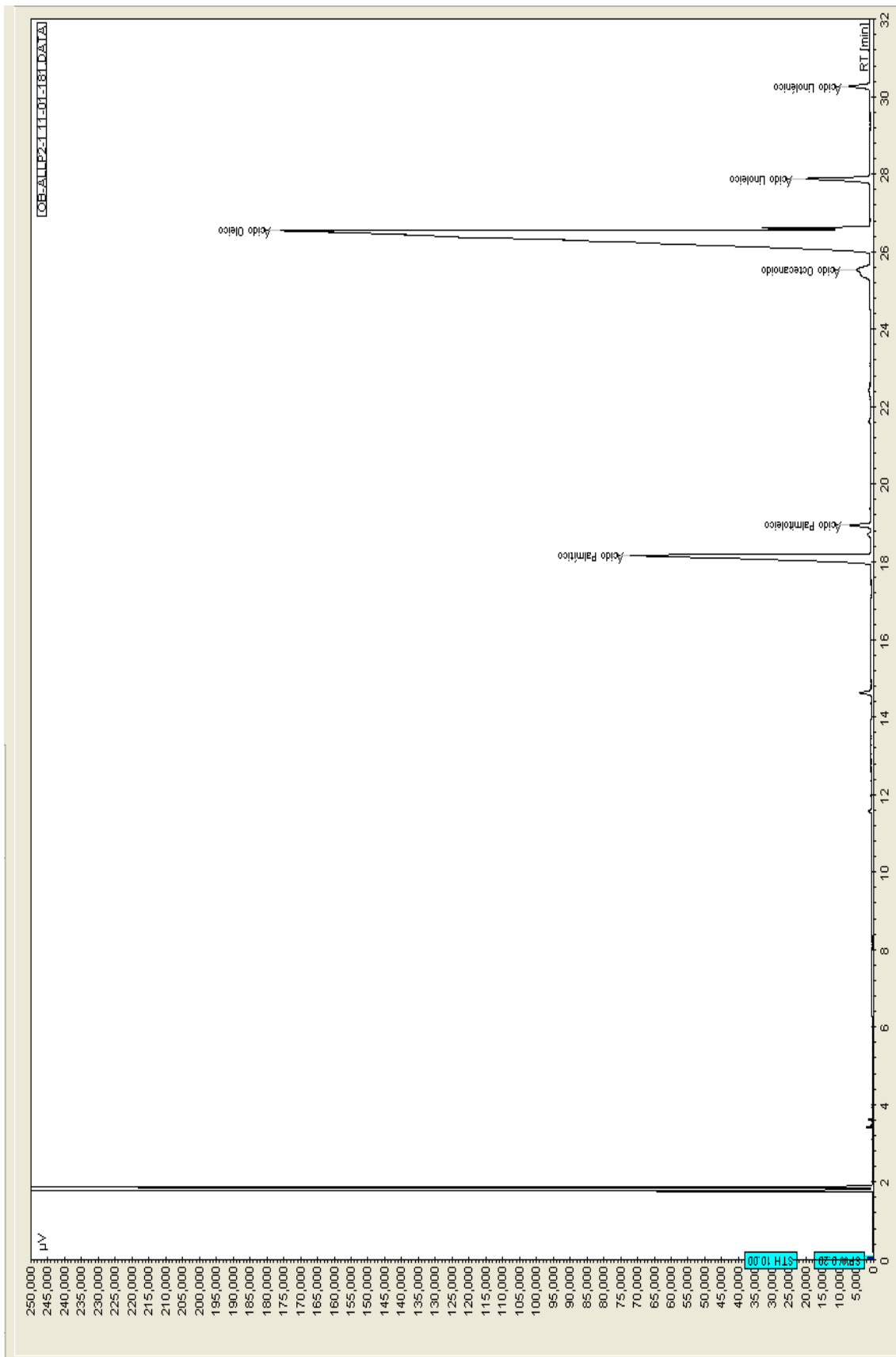


Figura 28. Cromatograma de ácidos grasos *O. bataua* “ungurahui”
(Brasil/creciente)

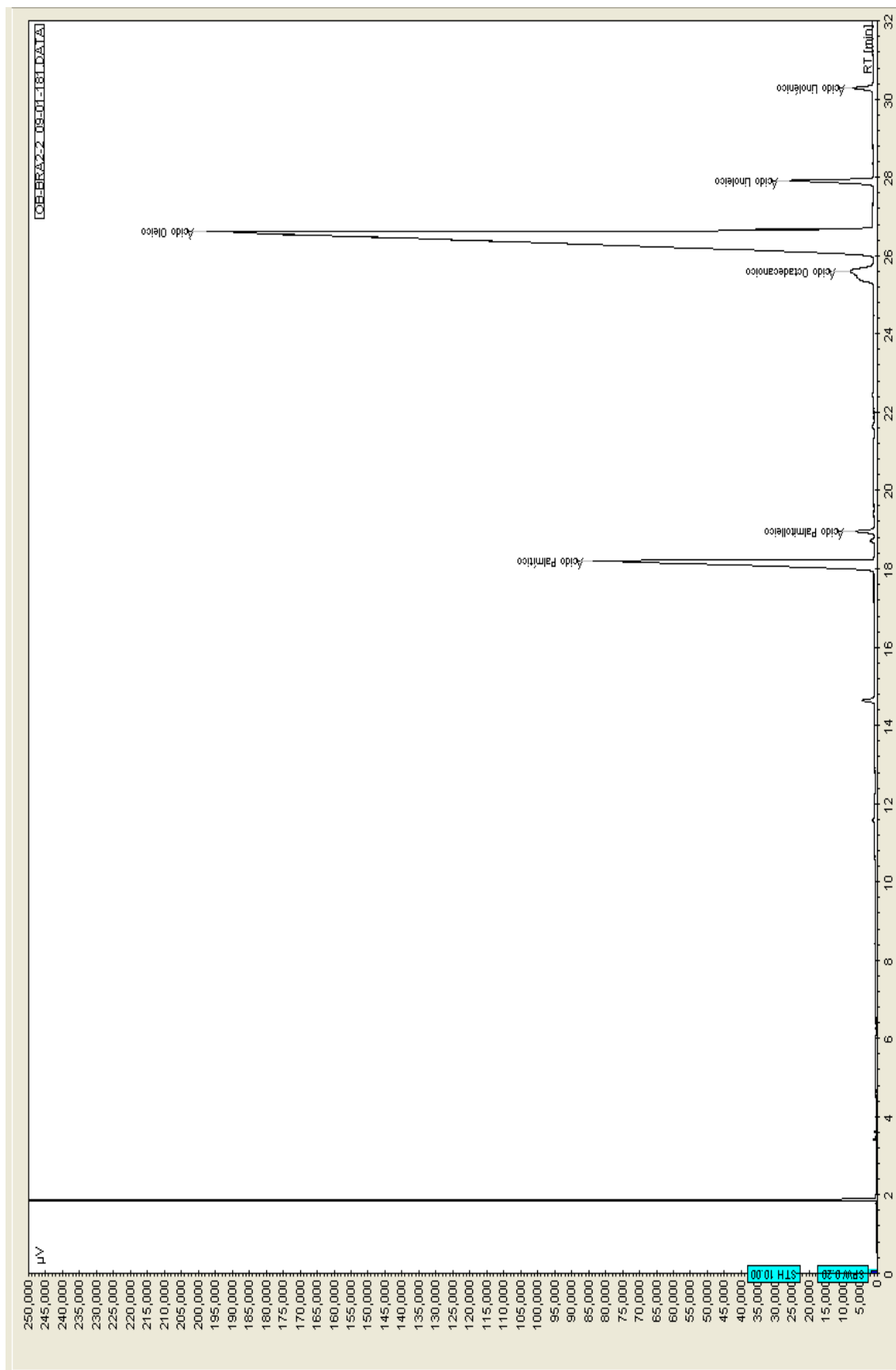


Figura 29. Cromatograma de ácidos grasos *O. bataua* “ungurahui”
(Brasil/vaciante)

