Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y toxicidad del aceite de fruto *Mauritia flexuosa* "aguaje" de Iquitos y Tingo María

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

AUTOR

Laura Oshin ROMÁN OROZCO

ASESORES

Mónica Guadalupe RETUERTO FIGUEROA
Arilmí Rosa GORRITI GUTIÉRREZ (Coasesora)

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Román L. Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y toxicidad del aceite de fruto Mauritia flexuosa “aguaje” de Iquitos y Tingo María [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2024.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Laura Oshin Román Orozco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71048718
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-4938-3510
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Mónica Guadalupe Retuerto Figueroa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09481617
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8706-2789
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Arilmí Rosa Gorriti Gutiérrez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06969425
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6376-1518
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Alejandro Bell Cortez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06091747
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Edgar Robert Tapia Manrique

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09440524
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Manuel Alberto Torres Roca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07257329
Datos de investigación	
Línea de investigación	Recursos y productos naturales con potencial farmacéutico, alimentario, cosmético y terapéutico.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Apoyo INNOVATE PERU – VRIP. Convenio 092-INNOVATE PERÚ-IDIBIO-2018
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Laboratorio de Farmacognosia y Medicina Tradicional País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Calle: Jr. Puno N°1002 Latitud: -12.05572 Longitud: -77.02324
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio/2020 - Marzo/2023
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y TOXICIDAD DEL ACEITE DE FRUTO *Mauritia flexuosa* "AGUAJE" de IQUITOS Y TINGO MARÍA

Que presenta la Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

LAURA OSHIN ROMÁN OROZCO

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

18 (DIECIOCHO) APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 05 de marzo de 2024.

Dr. Carlos Alejandro Bell Cortez
Presidente

Dr. Edgar Robert Tapia Manrique
Miembro

Mg. Manuel Alberto Torres Roca
Miembro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Mónica Guadalupe Retuerto Figueroa identificada con DNI N° 09481617. en mi condición de asesor(a) acreditado con la resolución Decanal N°000188-2021-D-FFB/UNMSM, que la Tesis cuyo título es **"Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y toxicidad del aceite de fruto *mauritia flexuosa* "aguaje" de Iquitos y Tingo María",** presentado por la Bachiller **Laura Oshin Román Orozco**, para optar el grado académico de Química Farmacéutico.

CERTIFICO: que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 14% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Jardín Botánico, 06 de marzo de 2024



.....

DNI: 09481617

Nombres y apellidos del asesor:

Mónica Guadalupe Retuerto Figueroa

1. DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi pequeña princesa Amira Fernanda, para que algún día cuando crezca tome de referencia investigaciones como la mía, aprecie el esfuerzo de nosotros los “Químico Farmacéuticos” y se dé cuenta que el mundo de la ciencia es muy amplio y diverso.

Así mismo también dedico esta investigación a todos aquellos que me apoyaron en su realización.

2. AGRADECIMIENTOS

Principalmente gracias a Dios por permitirme llegar a este mundo y cumplir mis sueños, manifestándome siempre su apoyo a pesar de las adversidades.

Gracias madre mía, Domelia Orozco, por permitirme soñar y crecer pisando firme para cumplir mis metas, no lo hubiera podido lograr sin tu ejemplo de perseverancia y tu dedicación a enseñarme que la mejor herencia que me puedes dar es el estudio; así como, la pasión por las ciencias de la salud.

Gracias amor mío, Oscar, por darme la fortaleza y apoyo en estos años de esfuerzo constante, ser mi compañero en todo momento y ayudarme con tu experiencia.

Gracias a mi asesora, la Prof. Mónica Retuerto, que a pesar de las circunstancias se daba un tiempo para apoyarme, de igual manera gracias a los asistentes de la cátedra de Farmacognosia, principalmente a Jossimar, que siempre estaba presto a apoyar en lo necesario.

3. ÍNDICE

1. DEDICATORIA……. ii

2. AGRADECIMIENTO……. iii

3. INDICE……. iv

4. TABLA DE ABREVIATURAS……. v

5. RESUMEN / ABSTRACT…..……. vi

6. INTRODUCCIÓN……..…… 1

7. HIPÓTESIS…… 3

8. OBJETIVOS……..…..…… 3

9. MARCO TEÓRICO……..…… 4

9.1. ASPECTOS GENERALES……..…… 4

9.1.1. Aguaje……. 4

9.1.2. Distribución geográfica……. 5

9.1.3. Clasificación taxonómica……. 5

9.1.4. Aceite…….. 5

9.1.5. Extracción de aceite……. 6

9.1.6. Purificación de aceite…… 7

9.1.7. Tamizaje fitoquímico……. 7

9.1.8. Viscosidad…….. 8

9.1.9. Punto de fusión……..…… 9

9.1.10. Peso específico……. 9

9.1.11. pH……. 9

9.1.12. Índice de acidez……. 9

9.1.13. Índice de refracción……... 9

9.1.14. Índice de saponificación…… 10
9.1.15. Índice de yodo…… 10
9.1.16. Índice de peroxidación……. 10
9.1.17. Actividad antioxidante……... 10
9.1.18. Toxicidad……. 11
9.1.19. Artemia spp..…….. 11
9.1.20. Radical libre2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)... 13
9.1.21. 2, ácido 2'-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic (ABTS)…….. 13
10. METODOLOGÍA……. 13
10.1. Tipo y diseño de investigación……... 13
10.2. Unidad de análisis…… 13
10.3. Población de estudio…… 13
10.4. Métodos……. 14
11. RESULTADOS……. 20
12. DISCUSIÓN…..……. 42
13. CONCLUSIONES……. 46
14. RECOMENDACIONES…… 47
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….. 48
16. ANEXOS…… 56

4. TABLA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
cm	Centímetros
mm	Milímetros
UI	Unidades Internaciones
g	Gramos
cp	Centipoise
cg I_2	Centigramos de Yodo
°C	Grados Celsius
µL	Microlitro
µg /mL	Microgramo/ Mililitro
Abs	Absorbancia
mEq O_2/Kg	Miliequivalente de Oxigeno/ Kilogramo
mg NaOH	Miligramo de Hidróxido de sodio
mg KOH	Miligramo de Hidróxido de potasio
ABTS	2, ácido 2'-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
RPM	Revoluciones por minuto
mM	Milimoles
mL	Mililitro
c.s.p.	Cantidad suficiente para
SPSS	Statistical Package for Social Sciences, en español significa Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales.
AOAC	Association of Analytical Communities, en español significa Asociación de Comunidades Analíticas

5. RESUMEN

RESUMEN:

El aguaje (*Mauritia flexuosa*), es uno de los frutos más consumidos en nuestra Selva Peruana, independientemente de la variabilidad morfológica, habiendo pocos estudios sobre el Aguaje bajo la forma de aceite, el objetivo de esta investigación fue determinar y comparar las características fisicoquímicas del aceite extraído de la pulpa del fruto, obtenido por prensado en frío, proveniente de Iquitos y de Tingo María; esta caracterización fisicoquímica se determinó según métodos AOAC. Al realizar el tamizaje fitoquímico, ambos tienen presencia de compuestos fenólicos, taninos, compuestos esteroidales, alcaloides y compuestos glicósidos. En la caracterización fisicoquímica, existen diferencias entre los aceites de ambas zonas, el más resaltante es que índice de acidez (IA) del aceite de Tingo María es 0,4, mientras que el aceite de Iquitos es de 0,9. Con respecto al índice de peróxido, el aceite de aguaje obtenido de Tingo María tiene un valor de 0,4 mEq O_2/Kg, mientras que el de Iquitos, 2,6 mEq O_2/Kg; el Índice de Yodo del aceite de aguaje de Tingo María es de 88,1, y el de Iquitos es 74,1, índice de Saponificación de 162,9 (Tingo María) y 153,6 (Iquitos); caracterizándolos como aceites de buena calidad. Con respecto a la actividad antioxidante de ambos aceites se trabajó por metodología DPPH y ABTS, se concluye que ambos aceites tienen actividad antioxidante, pero el aceite proveniente de Iquitos tiene un mayor poder antioxidante. La toxicidad de ambos aceites es relativamente inocua, según la escala de CYTED.

Palabras clave: Aceite de Aguaje, caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y toxicidad.

Abstract:

The aguaje (*Mauritia fleuxuosa*), is one of the most consumed fruits in our Peruvian Jungle, regardless of the morphological difference, having few studies on the aguaje's oils, the objective of this research was to determine and compare the physicochemical characteristics of the oil extracted from the pulp of the fruit, obtained by cold pressed, from Iquitos and Tingo María, these characteristics was determined according to the AOAC methods. In the performing phytochemical screening, both have the presence of phenolic compounds, tannins, steroidal compounds, alkaloids and glycoside compounds. In the physicochemical characterization, there are differences between the oils from both areas, the most notable being that the acidity index of the Tingo María oil is 0,4, while the Iquitos' oils is 0,9. Regarding the Peroxide Index the aguaje oil obtained from Tingo María result 0,4 mEq O_2 /Kg, while that of Iquitos result 2,6 mEq O_2 /Kg; Iodine Index of Ting María oil was 88,1, and oh Iquitos was 74,1, the Saponification index has a value of 162,9 (Tingo María) and 153,6 (Iquitos); the results indicated that both oils as good quality oils. The antioxidant activity of both oils, worked with DPPH and ABTS methodology, it was concluded that both oils have antioxidant activity, but the oil belongs to Iquitos has greater antioxidant power. The toxicity of both oils is relatively harmless, according to the CYCETD scale.

Key words: Aguaje's' oil, physicochemical characterization, antioxidant activity and toxicity.

6. INTRODUCCIÓN

El aguaje (*Mauritia flexuosa*), conocido también como buriti, se caracteriza por ser una palmera dioica que puede llegar a medir hasta 40 m de altura, posee un estípite solitario, anillado y con un diámetro de 60 cm (1).

Esta valiosa especie puede considerarse la palmera más importante desde el punto de vista ecológico, económico y social de la selva amazónica. Factores que indujeron al explorador Alexander Von Humboldt a llamarlo "el árbol de la vida" hace dos siglos (2).

Debido a que en la actualidad la demanda de los aceites vegetales está en aumento en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, tanto en el país como en el mundo se evidencia la necesidad de utilizar insumos de tipo oleaginoso para tratar de cubrir la demanda del mercado. Existen estudios sobre extracción mecánica y caracterización fisicoquímica de los derivados de las materias primas como: aceites, tortas y/o harinas de los frutos de aguaje de zonas aledañas a Yurimaguas (Loreto), donde se menciona que la extracción óptima del aceite se trabaja a 60 °C de temperatura y se obtiene un rendimiento de 13,29 % y 17,94 % con respecto a la fracción (cáscara + pulpa). (3).

Llamado alguna vez “el más importante producto forestal en la cultura de la Amazonía peruana” (4), este fruto permite que la zona maneje una economía autónoma. En la cadena de compra y venta de aguaje de la localidad de Loreto se conoce como “fruto verde” al fruto en su estado maduro, pero sin procesar; y “fruto maduro” es el que pasa por un proceso de ablandamiento de la pulpa. Existen varios tipos de estos frutos (ecotipos), siendo los más conocidos el “amarillo”, el “color” y el “shambo”. La mayor parte de la cadena productiva y comercialización se desarrolla informalmente (5).

El aguaje, independientemente de la variabilidad morfológica presente en sus frutos, representa una fuente importante de compuestos químicos como los micro y macronutrientes de sodio, potasio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, cobre y

zinc, así como otros compuestos fenólicos importantes. Las virtudes más importantes se encuentran en sus aceites, debido a las altas tasas de β-caroteno y la presencia de ácidos grasos importantes (6).

El aguaje es una especie que tiene muchas utilidades, por ejemplo: sus hojas, inflorescencia, tallos, semillas y hasta sus raíces son de utilidad, es uno de los frutos comestibles con mayor cantidad de betacaroteno (vitamina A). En comparación con la espinaca y la zanahoria (que contienen gran cantidad de betacaroteno), el fruto de aguaje es cinco veces mayor. La vitamina A ayuda a mejorar la visión "especialmente ante la luz tenue", y también se necesita durante la lactancia y reproducción (7).

El aguaje es una especie de uso múltiple, es una palmera rústica de manejo sencillo asociada a especies con ciclo de cultivo corto, semiperennes y perennes; su mesocarpio tiene un alto valor nutritivo que permite un diverso y gran aprovechamiento a nivel industrial, como por ejemplo: "bebidas, heladería, sorbetería y los frutos de segunda calidad en alimentación animal; disponibilidad de abundante germoplasma diversificado con ecotipos que producen frutos con elevados valores de Provitamina A (5000 UI/g de aceite) y de ácidos oleicos que son muy importantes en alimentación humana" (8).

El aguaje tiene diferentes nombres, según le lugar donde crece, a saber: en Ecuador se le conoce como morete o anchu, en Bolivia, como caranday-guazú o ideuí; en Brasil, como buriti o miriti; En Venezuela, como moriche; en Colombia, como moriche, aguaje o indení (9).

7. HIPÓTESIS

El aceite del fruto de aguaje (***Mauritia flexuosa***) difiere en sus características fisicoquímicas, actividad antioxidante y toxicidad, según su lugar de origen.

8. OBJETIVOS

8.1. Objetivo general:

- Comparar la caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y toxicidad del aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa***) de las zonas de Iquitos y Tingo María.

8.2. Objetivos específicos

1. Extraer el aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa***) por prensado en frio.
2. Realizar la caracterización fisicoquímica, del aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa***) de las zonas de Iquitos y Tingo María.
3. Determinar la actividad antioxidante del aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa***) de las zonas de Iquitos y Tingo María.
4. Determinar la toxicidad del aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa***) en *Artemia salina,* de las zonas de Iquitos y Tingo María.

9. MARCO TEÓRICO

9.1. ASPECTOS GENERALES:

9.1.1. Aguaje:

El aguaje o buriti (*Mauritia flexuosa*) es una especie vegetal de múltiples usos debido a que sus hojas , inflorescencias, racimos de frutas , semillas e incluso las raíces son útiles. Además, el buriti almacena gran cantidad de “carbono”, lo que resulta muy importante en la reducción del calentamiento global (2).

Es una especie que se asocia con especies con un ciclo de cultivo corto, semiperennes y perennes; su mesocarpio tiene un alto valor nutritivo que permite un diverso y gran aprovechamiento a nivel industrial, como por ejemplo: “bebidas, heladería, sorbetería y los frutos de segunda calidad en alimentación animal; disponibilidad de abundante germoplasma diversificado con ecotipos que producen frutos con elevados valores de Provitamina A (5000 UI/g de aceite) y de ácidos oleicos que son muy importantes en alimentación humana” (8).

El fruto de aguaje es una drupa con forma ovoide alargada de aproximadamente 4 - 5 cm de largo, globoso y deprimido en sus extremos; el pericarpio es escamoso y de color bruno, la pulpa o mesocarpio es de color anaranjado o amarillento, con un sabor agridulce y de textura amilácea de aproximadamente 4 – 6 mm de espesor, la semilla es globosa y ovoide, esta especie produce racimos florales durante todo el año (1).



Fig. 1: Palmera de aguaje (Fuente propia)



Fig. 2: Fruto de aguaje (Fuente propia)

Distribución geográfica:

Esta especie vegetal crece en toda la Amazonía, desde el "norte hasta la cuenca del Orinoco, las Guayanas, Trinidad y Tobago; por el sur se extiende hasta el Cerrado brasileño, llegando a Mato Grosso del Sur, Minas Gerais y São Paulo"; por el este crece en el "litoral brasileño"; y por el oeste, "en los valles del piedemonte andino en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú" (8).

9.1.2. Clasificación taxonómica:

El aguaje (*Mauritia flexuosa*) tiene la siguiente clasificación taxonómica. (Anexo 1)

Tabla 1: Clasificación taxonómica de *Mauritia flexuosa*

DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
ORDEN	Arecales
FAMILIA	Arecaceae
GÉNERO	*Mauritia*
ESPECIE	*Flexuosa*
NOMBRE CIENTÍFICO	*Mauritia flexuosa* L. f
NOMBRE COMÚN	*"aguaje"*

9.1.3. Aceite

Desde épocas ancestrales, el hombre ha utilizado aceites en su alimentación y como combustibles, los aceites tienen origen vegetal o animal, sus principales componentes son "triésteres de ácidos grasos y el glicerol" siendo denominados como "triglicéridos", el aceite puede estar conformado por un solo tipo de "triglicérido", o por una mezcla de "triglicéridos". Si la mezcla es de consistencia pastosa (sólida), a una temperatura de 20 °C, se trata de una "grasa". Si por el contrario, si es de consistencia líquida a temperatura de 20 °C, es un "aceite". Entendiéndose que grasas y aceites son químicamente lo mismo, pero tienen un estado físico diferente (10).

La composición de los aceites vegetales no está estandarizada, ya que varía de manera considerable en el contenido de “ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados”, y sobre todo en el aporte de “ácidos grasos omega-6 y omega-3”, estos se asocian a su fuente de origen: “especie vegetal, semilla, planta o fruto”, aportando diferentes beneficios nutricionales (10) (11).

9.1.4. Extracción de aceite

Comúnmente existen 2 métodos de extracción de aceite a partir de especies oleaginosas: El prensado hidráulico o expeller y la extracción con solventes (12).

El prensado hidráulico es el proceso más antiguo, tiene sus orígenes aproximadamente en 1975 en Europa, con el paso de los años, los equipos hidráulicos han sido cambiados por las prensas de tornillo como los expellers y estas prensas son usadas para una gran variedad de especies oleaginosas (12).

Las extracciones por medio de lixiviación, requieren un proceso de eliminación de los solventes de manera adicional; los solventes más utilizados son: “hexano, benceno, tricloroetileno, sulfuro de carbono, el éter de petróleo” (12).

.

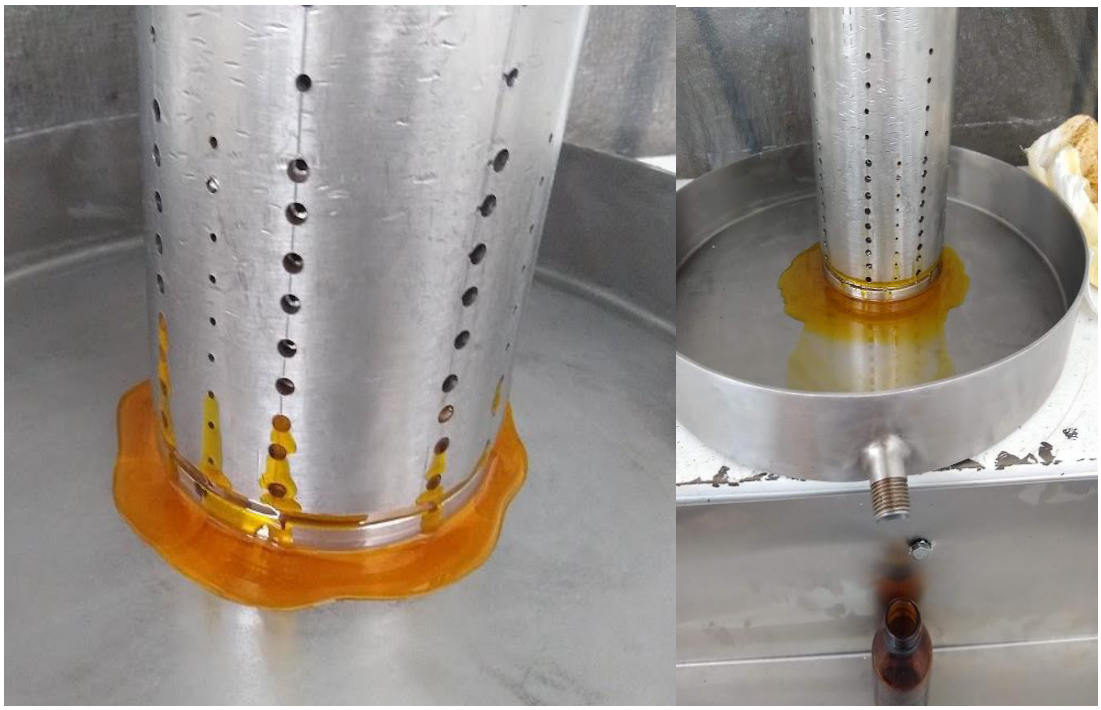


Fig. 3: Extracción de aceite de aguaje por prensado (Fuente propia).

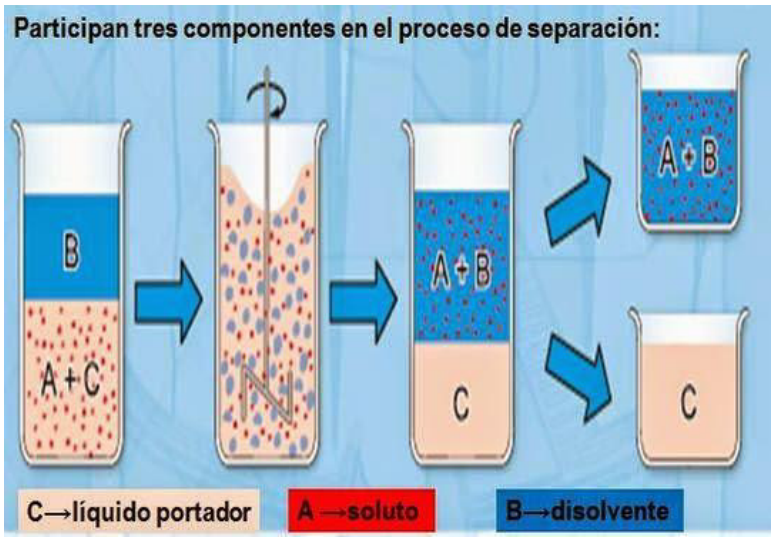


Fig. 4: Extracción con solventes (66).

9.1.5. Purificación del aceite

También denominado como refinamiento del aceite, este proceso nos permite mejorar algunas propiedades fisicoquímicas de los aceites. Para la purificación de algunos aceites se mencionan algunos métodos, como filtración activa, neutralización ácida, neutralización alcalina, entre otros. Entre los cuales el más indicado a utilizar es la neutralización alcalina, este método permite un buen rendimiento, bajo costo y ayuda en la purificación del aceite (13).

Para la purificación del aceite se debe someter a un proceso de desgomado, donde se separan algunas impurezas presentes, como gomas, fosfolípidos y fosfátidos, para lo cual se somete a calentamiento, se agrega agua o algún álcali, se deja reposar por 30 minutos y finalmente se centrifuga (14).

9.1.6. Tamizaje fitoquímico:

Es un estudio fitoquímico que ayuda determinar de manera preliminar la presencia o ausencia de los principales grupos de metabolitos en una especie vegetal, como: “Alcaloides, antraquinonas y naftoquinonas, esteroides y triterpenos, flavonoides, taninos, saponinas, cumarinas, lactonas terpénicas y cardiotónicos”. Cada grupo de compuestos se relaciona a actividades biológicas específicas, con estos resultados es posible orientar investigaciones posteriores en la determinación de la actividad biológica de las especies investigadas (15).

La fitoquímica estudia estructuras químicas de los productos naturales de las plantas y sus propiedades, a través de lo que se conoce como “marcha fitoquímica”, que trata de una serie de pasos donde se observan reacciones como: “cambio de color, fluorescencia” y otras reacciones fisicoquímicas (16) (17).

La capacidad que tienen las plantas para producir sustancias que no son esenciales para su supervivencia es una característica metabólica que distingue al “reino animal” del “reino vegetal”; a esas sustancias se les conoce como metabolitos secundarios (17).

El metabolismo secundario concierne procesos químicos que son únicos para cada especie vegetal, y no son universales, este metabolismo es la química que resulta en la formación de un producto natural. Dentro de los metabolitos secundarios a analizarse se encuentran: los alcaloides, esteroles, flavonoides, taninos, saponinas, cumarinas, antraquinonas, heterósidos cardiotónicos, sesquiterpenolactonas (16) (17).

9.1.7. Viscosidad:

A la viscosidad se la define como la resistencia de un líquido a fluir, que se mide en Poise que se define como la fuerza (medida en dynes) necesaria para desplazar un centímetro cuadrado sobre una superficie paralela a la primera, a “velocidad de 1 cm por segundo”, cuyas superficies están separadas por una película lubricante de 1 cm de espesor, de manera práctica, se mide por tubos capilares. Un aceite delgado tiene menos resistencia a fluir, por eso su viscosidad es baja, mientras que un aceite grueso tiene más resistencia a fluir y por eso tiene una viscosidad más alta. Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en centistoke (cSt) (18).

Otras referencias definen viscosidad como “la medida de la resistencia de un fluido a fluir”, donde al aumentar la temperatura de un fluido, la viscosidad disminuye y sus moléculas en conjunto pueden deslizarse más fácilmente (48).

9.1.8. Punto de fusión:

Es el punto en el cual la muestra pasa de un estado sólido a un estado líquido por acción del calor (a una temperatura constante). Los aceites naturales y las grasas, como “mezclas de glicéridos y otras sustancias” no tienen punto de fusión definido, ni neto. No presentan punto crítico de estado sólido a líquido; este paso se da de manera gradual a través de estados pastosos hasta llegar a estar completamente líquido (19).

9.1.9. Peso específico

El peso específico de los ceras y aceites va de 0.88 a 0.99 aproximadamente; el peso específico en aceites y grasas es la relación que existe entre el peso específico de dicha sustancia con respecto a la del agua; se determina utilizando un picnómetro, midiendo tanto el agua como la muestra a 25°C, evitando se formen burbujas de aire dentro de él (20) (21).

9.1.10. pH (25ºC)

El pH es la medida que refleja el grado de acidez o basicidad de una solución en un rango que va de 0 a 14. Para ello se debe tomar una porción de la muestra homogénea y ajustar su temperatura a 20°C ± 0,5°C, habiendo calibrado antes el electrodo antes (22) (23).

9.1.11. Índice de acidez

Se denomina índice de acidez, al porcentaje de ácidos grasos libres que contienen un aceite o una grasa (24).

9.1.12. Índice de refracción

El índice de refracción es una característica que se utiliza para examinar “la pureza y la calidad” de los aceites a nivel de laboratorio como a nivel industrial (6) (25). Es el cambio de dirección que sufre una onda al pasar de un medio a otro diferente, es una constante que va a depender del carácter y estado de la sustancia que se está analizando, se afecta por la temperatura (“al aumentar la temperatura disminuye su valor”) (24).

9.1.13. Índice de saponificación

Se expresa como el “número de miligramos de KOH requeridos para saponificar los ácidos grasos libres y combinados”, presentes en un gramo de grasa; da una medida del peso molecular promedio de los “triglicéridos que constituye la grasa” (26); es decir, nos da una idea del peso molecular de los ácidos grasos insaturados contenidos en la muestra (27).

Las grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta consumen mayor cantidad de KOH en su saponificación, resultando con un Índice de Saponificación (IS) más grande y las que poseen ácidos grasos de cadena larga consumen menos álcali resultando en valores pequeños de IS (28).

9.1.14. Índice de Yodo

El índice de yodo es la medida del “grado de insaturación (números de dobles enlaces) de las grasas”. Se define como “los gramos de yodo absorbidos por 10 g de grasa” (29). Mientras más alto sea el Índice de Yodo, más alto será el grado de ácidos grasos insaturados (27).

9.1.15. Índice de peróxido

Se define como miliequivalente de peróxido por kilogramo de grasa; representa el estado de oxidación inicial de un aceite, se expresa en “miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de grasa”. Los peróxidos o compuestos de oxidación inicial, se incrementan: si el aceite no se protege del calor y la luz, como consecuencia de ello, a mayor índice de peróxidos menor capacidad antioxidante en el aceite (30).

9.1.16. Actividad antioxidante

La capacidad antioxidante de un alimento se basa en la actividad antioxidante de sus compuestos, entre los cuales están los “compuestos fenólicos, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc.” (31).

La capacidad antioxidante no se puede medir directamente, pero se puede determinar “por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado” (32).

En base a las reacciones químicas, la mayoría de los ensayos que determinan la capacidad antioxidante se pueden dividir en dos categorías: “Ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno” y “en ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones” (33) (34).

Para determinar los efectos antioxidantes de las muestras se utilizan diferentes métodos, destacando dos métodos espectrofotométricos: DPPH y ABTS (32).

9.1.17. Toxicidad:

La toxicidad celular se refiere a los efectos adversos que se generan de la interferencia con estructuras, procesos celulares, o ambos, que se dan en todas las células y son esenciales para el funcionamiento, supervivencia y/o proliferación celular (36).

9.1.18. *Artemia spp*:

Las larvas de *Artemia spp*, se han utilizado en estudios ecotoxicológicos y toxicológicos, con el tiempo se han estudiado su biología y sus usos potenciales en diferentes campos como un método económico y práctico, para determinar la bioactividad de compuestos sintéticos (37).

Artemia spp. son camarones muy pequeños de cuerpo blando, de color carmelita pero transparentes a la luz; taxonómicamente pertenece al filo *“Arthropoda*, clase *Crustaceae*, subclase *Branchiopoda*” hasta la fecha es el único género animal en cuyo estado criptobiótico (quistes) está disponible comercialmente de manera continua, como fuente de alimentos para peces y crustáceos en acuicultura. Siendo esta característica, un elemento clave en su uso en ensayos biológicos (37) (38).

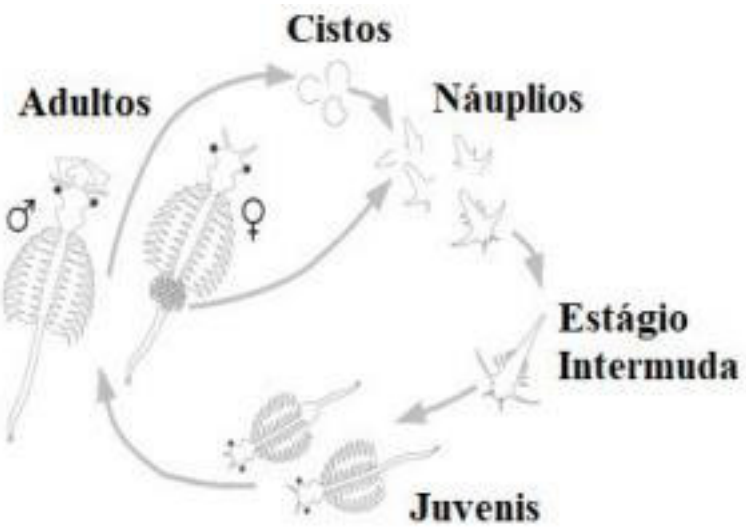


Fig. 5: Ciclo de vida de *Artemia salina* (37).

Su ciclo de vida es: huevo, nauplios, estadio intermedio, jóvenes y adultos. Los nauplios que nacen de los quistes, comercializados, son nutricionalmente adecuados y suficientemente pequeños para poder utilizarse en bioensayos (37).



Fig. 6: Artemia en estadio Naupliar vista en el microscopio (Fuente propia)

9.1.19. Radical libre2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

Es la técnica que utiliza el radical libre2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), se utiliza para determinar la capacidad antioxidante en alimentos y compuestos sintéticos (39).

9.1.20. 2, ácido 2'-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic (ABTS)

Los carotenoides se cuantifican espectrofotométricamente, utilizando el coeficiente de absorción que depende del solvente utilizado para diluir las muestras (40).

Los carotenoides, en solución, siguen la Ley de Lambert-Beer; es decir, su absorbancia es directamente proporcional a su concentración (40). Entonces, quiere decir, que los carotenoides se cuantifican espectrofotométricamente, utilizando el coeficiente de absorción (40). Se determina por una reacción de decoloración de cationes radicales ABTS, se basa en la reducción de los radicales ABTS por los antioxidantes de los extractos vegetales (41).

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipo y diseño de investigación

Descriptivo, analítico, cuantitativo, prospectivo (42) (43) (44).

10.2. Unidad de análisis

Aceite de pulpa de aguaje obtenido por prensado.

10.3. Población de estudio

Fruto de ***Mauritia flexuosa*** **"aguaje"** proveniente de Tingo María y de Iquitos: 50 kg de cada uno.

10.4. Métodos

10.4.1. Tratamiento de muestra



Fig. 6: Flujograma de tratamiento de muestra.

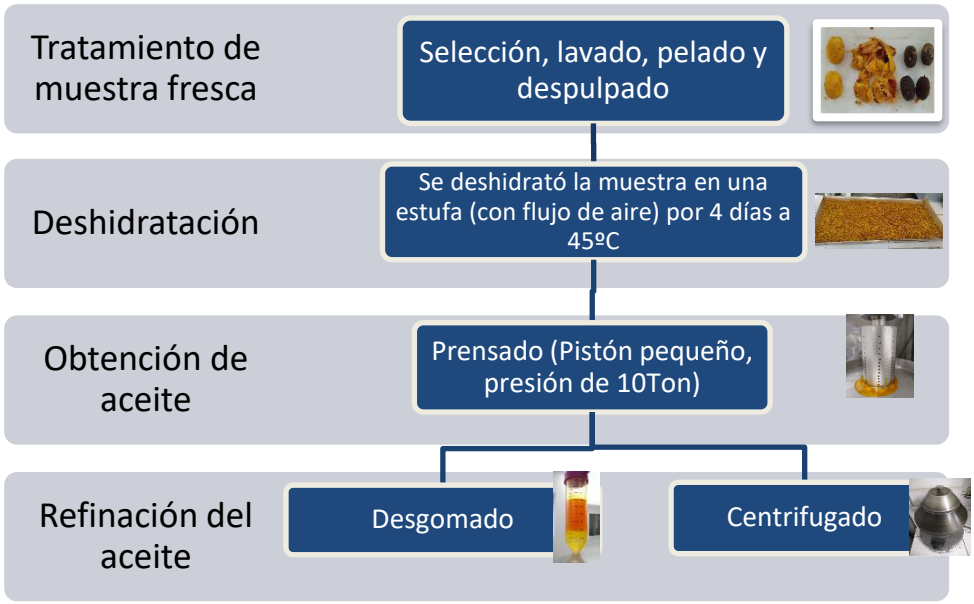


Fig. 7: Flujograma de obtención de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*)

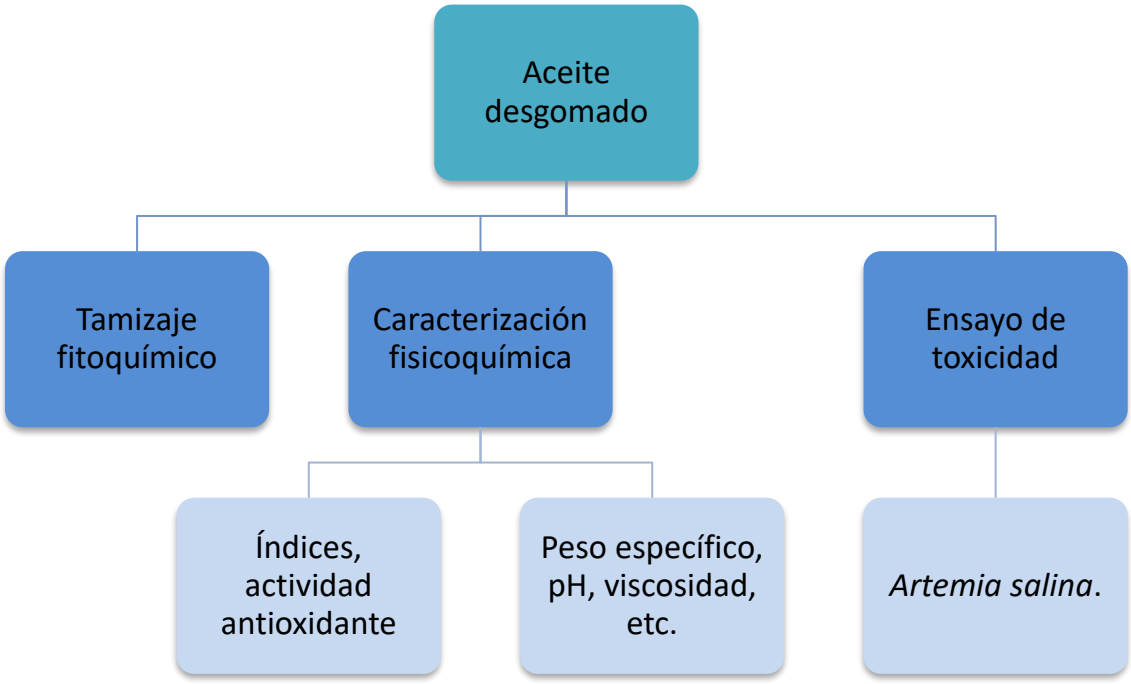


Fig. 8: Flujograma de tratamiento de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*)

10.4.2. **Caracterización fisicoquímica del aceite**: (45) (46) (25)

a) Determinación de miscibilidad

Se procedió a trabajar con 0,5 mL de muestra con 2 mL del solvente (47).

Solventes utilizados:

- Agua
- Etanol
- Metanol
- Hexano
- Acetato de etilo
- Cloroformo
- N-butanol
- Etanol: n-butanol

b) Determinación de viscosidad

Se trabajó usando un viscosímetro, con la aguja Nro. 1, a velocidad de rotación de 12 RPM (Revoluciones por minuto) a 25 °C, tomando 5 lecturas, cada 30 segundos (49).

c) Determinación del peso específico (25 ºC)

El peso específico se determinó por picnometría a 25 °C para aceites, se trabajó con un picnómetro pesado vacío, luego con agua destilada fría y finalmente con la muestra, se verificó que no haya formación de burbujas en ninguna parte del picnómetro (21).

d) Determinación de pH (25 ºC)

Se trabajó a partir de la medición en un potenciómetro, previamente calibrado con soluciones de pH 4,7 y 9 (49).

e) Índice de acidez

El índice de acidez de la muestra, se determinó por titulación directa, realizando tres repeticiones. Para ello se pesa 2-5 g de muestra de aceite en un matraz Erlenmeyer (250 mL), se añadieron 50 mL de alcohol etílico neutralizado y dos gotas del indicador (fenolftaleína), titulándose finalmente con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta que la mezcla se tornó de un color ligeramente rosa (25).

f) Índice de refracción

Se determinó a 25 °C, con ayuda del refractómetro de ABBE con escalas de 1,3 a 1,7 (46) (24).

g) Índice de saponificación

Se pesó 2 g de muestra en un balón de vidrio (250 mL), se añadieron 25 mL de potasa alcohólica (KOH) 0,5 N y se acopló un condensador de reflujo por 1 hora,

agitando cada 10 minutos; luego se añadió 3 gotas de fenolftaleína SR y se tituló con Ácido Clorhídrico (HCl) 0,5 N. Se trabajó por triplicado y con un blanco a las mismas condiciones (46) (50).

h) Índice de Yodo

La AOCS recomienda el método de Wijs: Para lo cual se pesó alrededor de 0,250 g de aceite en un matraz Erlenmeyer, se disolvió en 10 mL de cloroformo, se añadió 25 mL de la solución Wijs (o Hanus) con pipeta volumétrica y se dejó reposando 30 minutos en oscuridad, agitando ocasionalmente, se añadió 10 mL de solución de KI al 15 %, se agitó vigorosamente y se añadió 100 mL de agua recién hervida y enfriada, luego se tituló el yodo con tiosulfato de sodio 0,1 N, hasta que el color amarillo casi desapareció, luego se añadió 1 mL del indicador y se continuó con la titulación hasta que el color azul desapareció completamente. Se trabajó blanco y muestras (triplicado) (45) (46).

i) Índice de peróxidos

Para determinar el índice de peróxidos, se pesó alrededor de 2 g – 5 g de aceite (o grasa) en un Erlenmeyer de 250 mL, se añadió 30 mL de la solución ácido acético-cloroformo (60:40) y se agitó para disolver, luego se agregó 0,5 mL de la solución saturada de KI, se agitó vigorosamente y se dejó en reposo en oscuridad durante 2 minutos, se añadieron 30 mL de agua; se tituló inmediatamente el yodo liberado con tiosulfato de sodio 0,01 N; agitando vigorosamente hasta que el color amarillo casi desapareció, se añadió alrededor 0,5 mL de solución de almidón al 1 % y se continuó titulando hasta que el color azul desapareció. Las muestras se trabajaron por triplicado (45) (46).

j) Tamizaje fitoquímico

Se determinó la presencia o ausencia de carbohidratos, compuestos fenólicos, compuestos aminos, compuestos carbonilos, compuestos glicoides, flavonoides, catequinas, antraquinonas, taninos, compuestos esteroidales, saponinas y alcaloides (15).

k) Determinación de su actividad antioxidante:

Se usaron 2 métodos:

El método de DPPH, se preparó la solución de 2,2 - difenil – 1 - 1 picrilhidracilo (DPPH) a una concentración de 30 mM. Las muestras se trabajaron pesando aproximadamente 0,4 g en csp 10 mL de cloroformo, que es la solución madre, partiendo de esa, la solución más concentrada se trabajó con 400µL de la solución madre (Concentración A), para las siguientes concentraciones se midió la mitad de la solución anterior (200 µL- 100 µL - 50 µL - 25 µL). La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta se desvanece, el cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y es utilizado para la determinación de los parámetros para las propiedades antioxidantes (51). Por ello, la absorbancia se mide a los 30 minutos por triplicado, el porcentaje de captación se calcula con la siguiente ecuación (32):

% de captación de radicales libres (%CRL): (1-Abs Neta/ Abs. DPPH) x 100

El método ABTS, se determinó por una reacción de decoloración de cationes radicales ABTS, se basa en la reducción de los radicales ABTS por los antioxidantes de los extractos vegetales (41). Se preparó una solución patrón de ABTS disuelta en agua desionizada a una concentración de 7 mM, esta reacciona con una solución de persulfato de potasio a 2,45 mM y reposando en la oscuridad a temperatura ambiente por aproximadamente 12 - 16 horas antes de usarla. Nuestras muestras se trabajaron pesando aproximadamente 0,4 g en csp 10 mL de cloroformo, la solución más concentrada se trabajó con 400µL de la solución madre (Concentración A), para las siguientes concentraciones se midió la mitad de la solución anterior (200 µL- 100 µL - 50 µL - 25 µL). Se calculó mediante la siguiente ecuación (41):

% inhibición = [(Abs blanco – Abs muestra) /Abs blanco] × 100

l) Determinación de toxicidad mediante ensayo en Artemias:

Es una prueba estándar de toxicidad aguda a corto plazo, repetible y reproducible, por lo que este bioensayo es una valiosa herramienta como prueba de evaluación, para la categorización de la toxicidad de sustancias químicas o naturales (37).

Se basa en la determinación de la mortalidad in vivo de un organismo, con respecto a extractos crudos, fracciones o compuestos puros de origen natural, las larvas de *Artemia spp* (52).

Primero, se colocó 50 mg de huevos de Artemia salina en un beaker con 350 mL de solución salina (37,5 g/L de sal en agua), colocando en un lugar iluminado, con burbujeo lento y constante, con ayuda de una bomba de oxígeno; luego de 24 horas se trasvasan la mayor cantidad de nauplios vivos a otro beaker de la misma capacidad y a las mismas condiciones de la muestra anterior, para proceder a usarlas en los bioensayos después de 24 horas más (53).

Para realizar los bioensayos de letalidad se preparó una solución madre de aceite, disolviendo aproximadamente 500 mg de aceite en 2 mL de DMSO, llevando a csp 50 mL con solución salina en un tubo eppendorf, siendo esta la solución de trabajo. En los viales de trabajo se colocan 2 mL de solución salina, luego colocamos 10 nauplios vivos de Artemia salina y se agrega un volumen determinado (0,5 mL, 0.8 mL, 1 mL, 1,5 mL y 2 mL) de la solución de trabajo llegando a concentraciones de 500 ppm, 800 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm y 2000 ppm junto con solución salina, cada concentración de trabajó por triplicado, cada vial de trabajo se tapó con papel aluminio con varias perforaciones, que permitían la oxigenación de la muestra (54).

Después de 24 horas, con ayuda de un estereoscopio, se contó el número de larvas muertas. La muerte de las larvas se establece por la falta total de movimientos durante 10 segundos de observación bajo el estereoscopio (38) (55) (54).
Con estos valores se procede a calcular el % de Mortalidad para cada concentración trabajada, como también el cálculo de la Concentración Letal Media (CL_{50}) para poder clasificarla según el CL_{50} establecido por CYTED (56).

$$\%\ Mortalidad = \frac{(Individuos\ vivos(control) - Individuos\ vivos(pruebas))}{Individuos\ vivos(control)} x100$$

Tabla 2: Clasificación de toxicidad según CL_{50} (56)

Nivel de toxicidad		CL_{50} (ppm)
I	Extremadamente tóxico	0-10
II	Altamente tóxico	10-100
III	Moderadamente tóxico	100-500
IV	Ligeramente tóxico	500-1000
V	Prácticamente no tóxico	1000-1500
VI	Relativamente inocuo	<1500

11. RESULTADOS

11.1. Aspecto y descripción

El aceite obtenido de la pulpa de aguaje tiene las siguientes características:

Tabla 3: Características organolépticas de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)*

Característica	Aceite (Tingo María)	Aceite (Iquitos)
ASPECTO	Líquido oleoso y traslúcido	Líquido oleoso y traslúcido
COLOR	Ámbar	Ámbar
OLOR	Sui generis	Sui generis

11.2. Rendimiento

Del aceite obtenido se debe considerar:

Tabla 4: Rendimiento de aceite obtenido de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

MUESTRA	TINGO MARIA	IQUITOS
Fruto de aguaje (kg)	50	50
Pulpa (kg)	15	10
Aceite obtenido (mL)	4350	2500
Rendimiento (Fruto)*	8.7%	5%
Rendimiento (Pulpa)**	29%	25%

* Rendimiento del aceite obtenido con respecto al fruto con pulpa y cáscara.
**Rendimiento del aceite obtenido con respecto a la pulpa.

11.3. Determinación de miscibilidad

Se determinó la miscibilidad de los aceites con los siguientes solventes**:**

Tabla 5: Resultados de miscibilidad del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

Reactivo	TINGO MARÍA	IQUITOS	INTERPRETACIÓN
Agua	-	-	Inmiscible
Etanol	-	-	Inmiscible
Metanol	-	-	Inmiscible
Hexano	+++	+++	Muy miscible
Cloroformo	+++	+++	Muy miscible
Acetato de etilo	+++	+++	Muy miscible
n-butanol	++	++	Parcialmente miscible
Etanol: n-butanol (1:1)	+ (Suspensión lechosa)	+ (Suspensión lechosa)	Poco miscible

(-) Inmiscible (+) Poco miscible (++) Parcialmente miscible (+++) Muy miscible

11.4. Índice de acidez

Se determinó según la siguiente fórmula:

$$I.A = \frac{(A-B)x5.6xNxF}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)}$$

N: Normalidad del titulante
(Hidróxido de sodio 0,1 N)
F: Factor del titulante (0,9736)
A: Gasto de la muestra
B: Gasto del blanco
P: Peso de la muestra en gramos (2 g)

Tabla 6: Resultados del Índice de Acidez (IA) del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

ÍNDICE DE ACIDEZ (mg NaOH/ g aceite)					
TINGO MARÍA			IQUITOS		
Muestras	Gastos (mL)	Resultado	Muestras	Gastos (mL)	Resultado
Blanco	0.3	-	Blanco	0.3	-
M1	1.80	0.408912	M1	3.7	0.926867
M2	1.75	0.395282	M2	3.6	0.899606
M3	1.80	0.408912	M3	3.65	0.913237
Promedio		0.404369	Promedio		0.913237
RSD		1.95 %	RSD		1.49 %

11.5. Índice de saponificación

Se determinó según la siguiente fórmula:

$$I.S = \frac{56.11xNxFx(B-A)}{P}$$

N: Normalidad del titulante
(Ácido Clorhídrico 0.5 N)
F: Factor del titulante (0.9523)
B: Gasto del Blanco
A: Gasto de la muestra
P: Peso de la muestra en gramos (2 g)

Tabla 7: Resultados del Índice de Saponificación (IS) del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g)					
TINGO MARÍA			IQUITOS		
Muestra	Gasto (mL)	Resultado	Muestra	Gasto (mL)	Resultado
Blanco	28	-	Blanco	28	-
M1	15.9	161.636498	M1	16.4	154.957304
M2	16.0	160.300659	M2	16.5	153.621465
M3	16.1	158.96482	M3	16.6	152.285626
PROMEDIO		160.300659	PROMEDIO		153.621465
RSD		0.83 %	RSD		0.87 %

11.6. Índice de peroxidación

Se determinó según la siguiente fórmula:

$$I.P = \frac{1000xNxFx(B-A)}{P}$$

N: Concentración del titulante (Tiosulfato de sodio 0.01 N)
F: Factor del titulante (0.9888)
B: Gasto del Blanco
A: Gasto de la muestra
P: Peso de la muestra en gramos (2 g)

Tabla 8: Resultados de Índice de Peroxidación (IP) del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

ÍNDICE DE PEROXIDACIÓN (mEq O_2/kg)					
TINGO MARÍA			IQUITOS		
Muestras	Gastos (mL)	Resultado	Muestras	Gastos (mL)	Resultado
BLANCO	0.05	-	BLANCO	0.05	-
M1	0.15	0.4944	M1	0.55	2.472
M2	0.15	0.4944	M2	0.55	2.472
M3	0.15	0.4944	M3	0.55	2.472
Promedio		0.4218	Promedio		2.6196
RSD		0.0%	RSD		0.0%

11.7. Índice de yodo

Se determinó según la siguiente fórmula:

$$I.P = \frac{12.69x(B-A)xNxF}{P}$$

N: Normalidad del titulante (Tiosulfato de sodio 0,1 N)
F: Factor del titulante (0,9903)
B: Gasto del Blanco
A: Gasto de la muestra
P: Peso de la muestra en gramos (0,2 g)

Tabla 9: Resultados de Índice de Yodo (IY) del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

ÍNDICE DE YODO (cg I_2/ g aceite)							
TINGO MARÍA				IQUITOS			
Muestras	Peso (g)	Gastos (mL)	Resultado	Muestras	Peso (g)	Gastos (mL)	Resultado
BLANCO	-	41.1	-	BLANCO	-	41.1	-
M1	0.2820	21.3	88.23573	M1	0.28	24.8	73.15735
M2	0.2885	21.1	87.11894	M2	0.2801	24.7	73.57989
M3	0.2805	21.25	88.93159	M3	0.2749	24.6	75.42887
Promedio			88.095420	Promedio			74.055370
RSD			1.04 %	RSD			1.63 %

11.8. Índice de refracción y Grados Brix

Se midieron en el equipo de refracción, a 25°C



Fig. 9: Equipo de refracción y grados Brix – Lectura del equipo (Fuente propia)

Tabla 10: Resultados de Índice de Refracción y Grados Brix del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

RESULTADOS	TINGO MARÍA	IQUITOS
Grados Brix	6	6
	6	6
	6	6
TOTAL	6	6
RSD	0.0 %	0.0 %
Índice de Refracción	1.342	1.341
	1.342	1.341
	1.342	1.341
TOTAL	1.342	1.341
RSD	0.0 %	0.0 %

11.9. Viscosidad (25°C)

Se determinó la viscosidad según los siguientes parámetros:

- Equipo utilizado: Viscosímetro digital (CROMTEK)
- Temperatura: 25 °C +/- 0,5 °C
- Velocidad: 12 RPM
- Aguja: Nro. 1

Tabla 11: Resultados de la viscosidad del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa).*

VISCOSIDAD (cp)			
VELOCIDAD	Resultados	Aceite de Tingo María	Aceite de Iquitos
12 RPM	M1	100.43	100.40
	M2	100.40	100.52
	M3	100.38	100.45
Promedio		100.40	100.46
RSD		0.03 %	0.06 %

11.10. pH (25 ºC)

Se hicieron las lecturas de pH en el potenciómetro.

Tabla 12: Resultados de pH del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)*.

Método	Lectura (Aceite Tingo María)	Lectura (Aceite Iquitos)
M1	5.52	5.50
M2	5.50	5.53
M3	5.51	5.50
PROMEDIO	5.51	5.51
RSD	0.18 %	0.31 %

11.11. Peso específico (25 ºC):

Tabla 13: Pesos obtenidos del picnómetro vacío, con agua y con muestra.

Pesos		Imágenes
Peso picnómetro (Muestra: Tingo María)	32.05 g	 Fig. 10: Picnómetro más aceite de Tingo María (Fuente propia)

Peso picnómetro (Muestra: Iquitos)	32.00 g	 Fig. 11: Picnómetro más aceite de Iquitos (Fuente propia)
Peso picnómetro (Agua)	33.00 g	 Fig. 12: Picnómetro más agua (Fuente propia)
Peso picnómetro (Vacío)	22.55 g	 Fig. 13: Picnómetro vacío (Fuente propia)

$$p.e. = \frac{Peso\ picnómetro\ (muestra) - \ Peso\ picnómetro\ (vacío)}{Peso\ picnómetro\ (agua) - Peso\ del\ picnómetro\ (vacio)}$$

p.e. (Tingo María) = 0,9091

p.e. (Iquitos) = 0,9043

11.12. Tamizaje fitoquímico

Tabla 14: Resultados de tamizaje fitoquímico en aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)*.

Resultados de tamizaje fitoquímico				
Nro.	**ENSAYO**	**ACEITE TINGO MARIA**	**ACEITE IQUITOS**	**INTERPRETACIÓN**
1	Molish	-	-	Ausencia de carbohidratos
2	Antrona	-	-	Ausencia de carbohidratos
3	Fehling	-	-	Ausencia de carbohidratos reductores
4	$FeCl_3$	+	+	Presencia de compuestos fenólicos
5	Shinoda	-	-	Ausencia de Flavonoides sensibles a esta prueba
6	Rosenheim	-	-	Ausencia de catequinas y/o procianidinas
7	Bontrager	-	-	Ausencia de antraquinonas
8	Gelatina	+ (precipitado)	+ (precipitado)	Presencia de taninos
9	Lieberman-Buchard	+++ (anillo verde)	+++ (anillo verde)	Presencia de compuestos esteroidales
10	Ninhidrina	-	-	Ausencia de compuestos aminos
11	Dragendorff	-	-	Presencia de alcaloides
12	Mayer	+	+	
13	Bertrand	+	++	
14	Sonnenschen	++	++	
15	Hidroxilamina	-	-	Ausencia de compuestos carbonilos
16	Afrosimetria (prueba de espuma)	-	-	Ausencia de saponinas
17	Vainillin-sulfúrico	++ (anillo azul violeta)	++ (anillo azul violeta)	Presencia de compuestos glicósidos

11.13. Medida de actividad antioxidante por método DPPH:

La actividad antioxidante se determinó según la siguiente fórmula:

% de captación de radicales libres (%CRL): (1-Abs Neta/ Abs. DPPH) x 100

Tabla 15: Resultados de Trolox de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*) de Tingo María e Iquitos

TROLOX (ACEITE DE AGUAJE DE TINGO MARÍA E IQUITOS)									
Concentración vial (ug/mL)	Concentración final (ug/mL)	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs promedio	Abs blanco	Abs neta	%CRL	IC 50
18.75	6.25	0.030	0.030	0.033	0.0310	0	0.0310	94.8333	3.4239
15	5	0.184	0.185	0.18	0.1830	0	0.1830	69.5000	
11.25	3.75	0.260	0.267	0.266	0.2643	0	0.2643	55.9444	
7.5	2.5	0.390	0.387	0.383	0.3867	0	0.3867	35.5556	
3.75	1.25	0.499	0.491	0.495	0.4950	0	0.4950	17.5000	
DPPH	0	0.59	0.599	0.611	0.6000	0	0.6000	-	

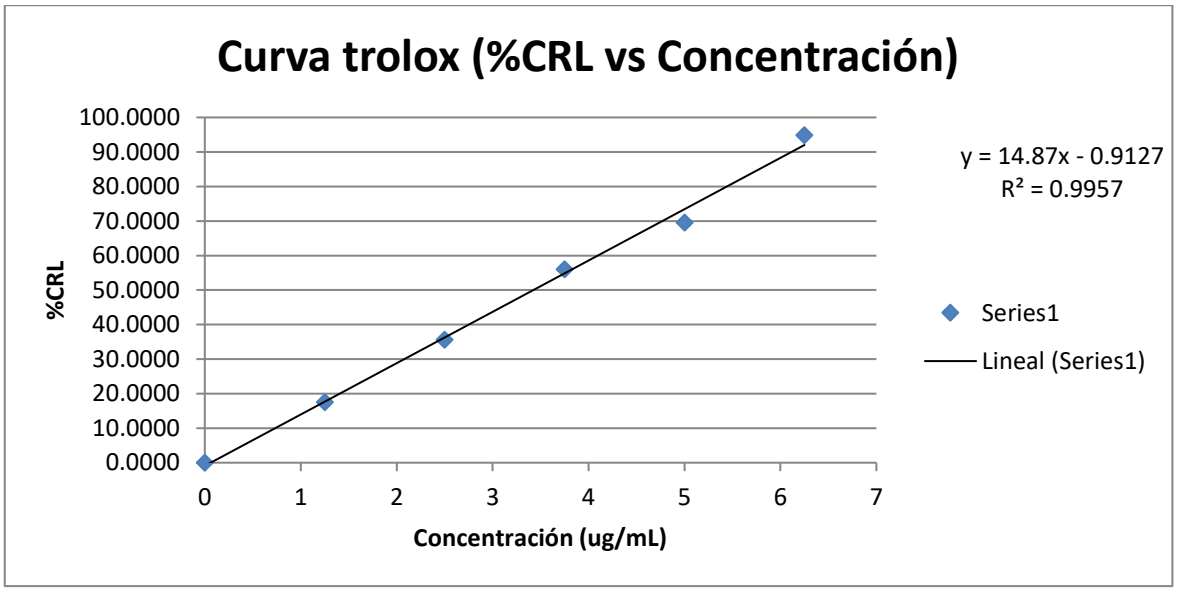


Fig. 14: Gráfico de curva trolox (%CRL vs Concentración) de aceite de Tingo María e Iquitos

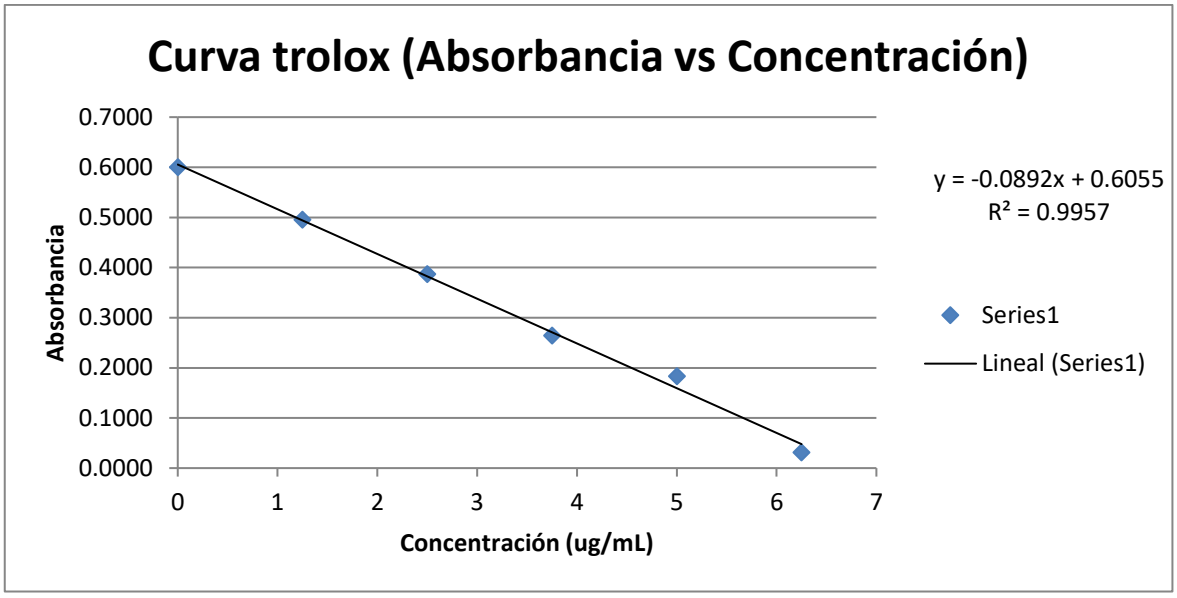


Fig. 15: Gráfico de curva trolox (Absorbancia vs Concentración) de aceite de Tingo María e Iquitos

Tabla 16: Resultados de DPPH de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Tingo María

DPPH EN ACEITE DE AGUAJE DE TINGO MARÍA								
Preparación (Solución madre)					4.0304 g de aceite/ 10 mL			
Dilución más concentrada					400 µL de aceite + cloroformo c.s.p. 4 mL			
Concentración (mg/mL)		Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs neta	%CRL	IC 50	Abs IC 50
A	13.4346	0.098	0.100	0.102	0.100	83.4437	7.6742	0.3007
B	6.7173	0.315	0.322	0.319	0.319	47.2406		
C	3.35865	0.446	0.445	0.442	0.444	26.4349		
D	1.679325	0.531	0.525	0.525	0.527	12.7483		
E	0.8396625	0.565	0.565	0.573	0.568	6.0155		
DPPH (PATRÓN)		0.605	0.606	0.601	0.604	0.604		

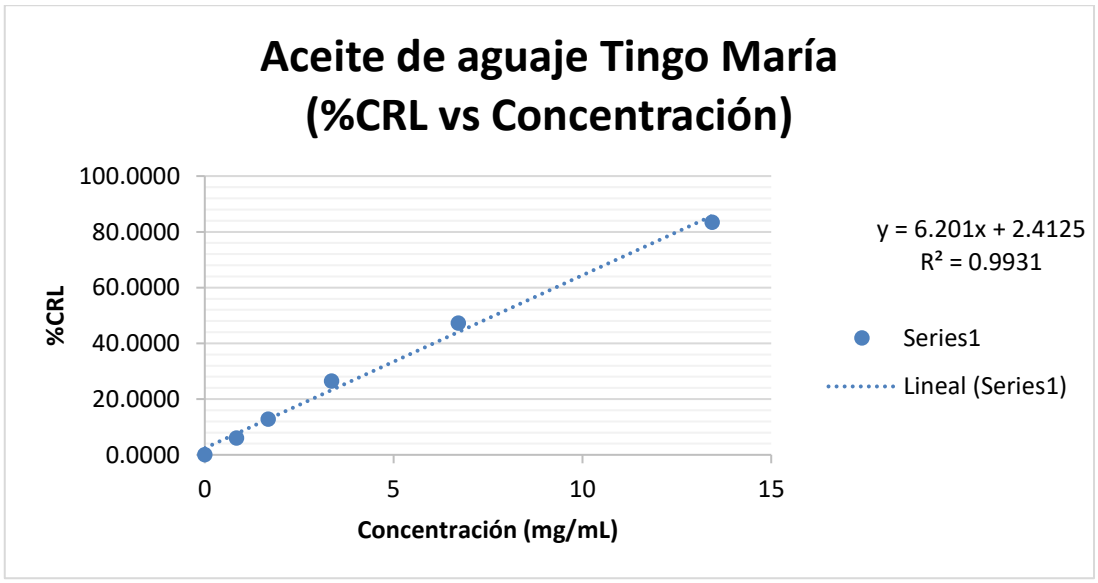


Fig. 16: Gráfico de DPPH (%CRL vs Concentración) de aceite de Tingo María

$$IC\ 50 = \frac{(50 - 2.4125)}{6.201}$$

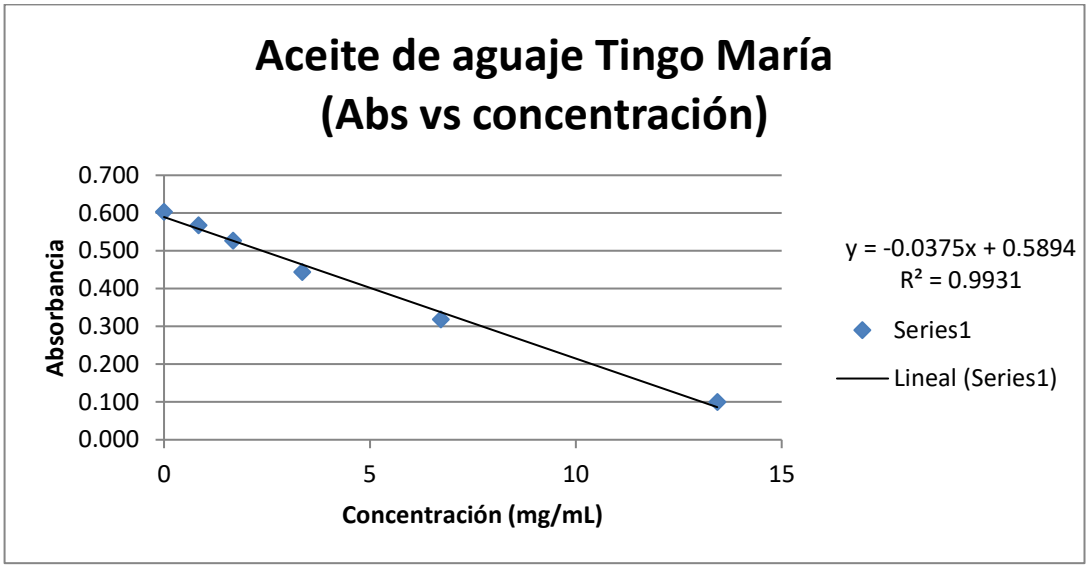


Fig. 17: Gráfico de DPPH (%Absorbancia vs Concentración) de aceite de aguaje ***(Mauritia flexuosa)*** de Tingo María

Se sabe que:

Abs IC 50	Equivalentes trolox son (µg/mL) = (Abs IC 50 – 0.6055) / (-0.0892)
0.3007	3.4170

Quiere decir que:

IC 50 = Aceite (mg) en 1 mL

	equivale	Trolox (µg/mL)
7.6742	---------->	3.4170
1000	---------->	445.2581

Tabla 17: Resultados de DPPH de aceite de aguaje de Iquitos

DPPH EN ACEITE DE AGUAJE DE IQUITOS								
Preparación (Solución madre)					4.0888 g de aceite/ 10 ml			
Dilución más concentrada					400 µL de aceite + cloroformo c.s.p. 4 mL			
Concentración (mg/mL)		Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs neta	%CRL	IC 50	Abs IC 50
A	10.22	0.060	0.063	0.055	0.059	90.1766	5.6716	0.3022
B	6.81465	0.246	0.246	0.245	0.246	59.3267		
C	3.407325	0.414	0.417	0.415	0.415	31.2362		
D	1.7036625	0.513	0.506	0.510	0.510	15.6181		
E	0.85183125	0.563	0.568	0.566	0.566	6.3466		
DPPH (PATRÓN)		0.605	0.606	0.601	0.604	0		

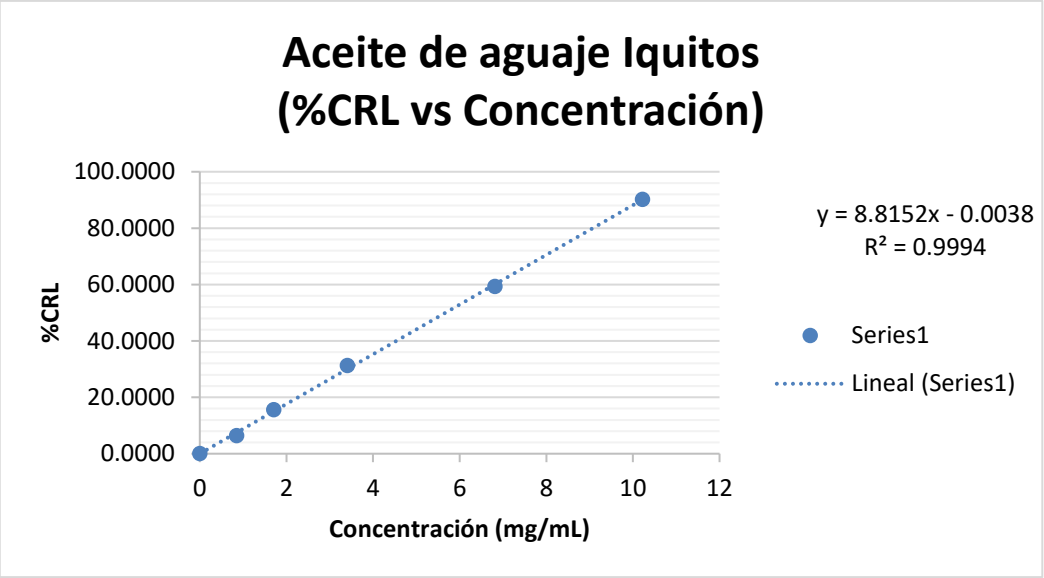


Fig. 18: Gráfico de DPPH (%CRL vs Concentración) de aceite de Iquitos

$$IC\ 50 = \frac{(50 - 0.0038)}{8.8152}$$

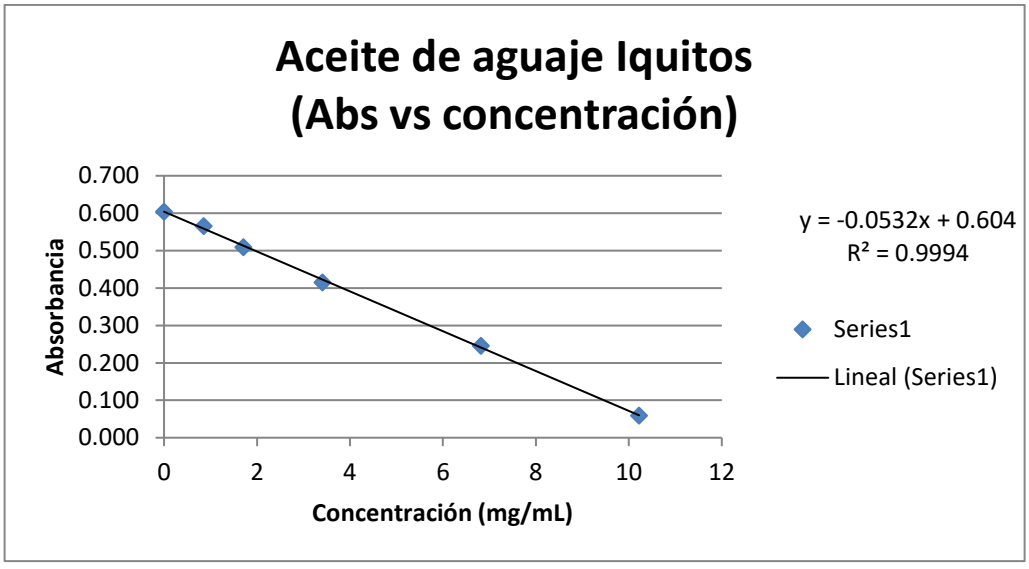


Fig. 19: Gráfico de DPPH (Absorción vs Concentración) de aceite de Iquitos

Se sabe que:

Abs IC 50	**Equivalentes trolox son (µg/mL) =** (Abs IC 50 – 0.6055) / (-0.0892)
0.3022	3.4002

Quiere decir que:

IC 50 = Aceite (mg) en 1 mL	equivale	trolox (µg/mL)
5.6716	---------->	3.4002
1000	---------->	599.5134

Tabla 18: Comparación de resultados de trolox obtenidos de aceite de aguaje *(Mauritia flexuosa)* por metodología DPPH

Aceite	Abs IC 50	IC 50 (mg/mL)	Equivalentes TROLOX (µg /mL)	Equivalentes TROLOX (µg /1L)
TINGO MARÍA	0.3007	7.6742	3.4170	445.3
IQUITOS	0.3022	5.6716	3.4002	599.5

12.12. Medida de actividad antioxidante por método ABTS:

Se preparó una solución patrón de ABTS disuelta en agua desionizada a una concentración de 7 mM, esta reacciona con una solución de persulfato de Potasio a 2,45 mM y reposando en la oscuridad a temperatura ambiente por aproximadamente 12 - 16 horas antes de uso. La muestra se trabajó pesando aproximadamente 0,4 g en csp 10 mL de Cloroformo, debido a su solubilidad en este solvente, cuyo Coeficiente de Absorción es 2396, se preparó una solución patrón de ABTS, una solución blanco y 3 muestras de aceite disuelto en Cloroformo. Se lee en el Espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda 450 nm (40)
La actividad antioxidante se determinó según la siguiente fórmula:

% de captación de radicales libres (%CRL): (1-Abs Neta/ Abs. ABTS) x 100

Tabla 19: Resultados de Trolox de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Tingo María e Iquitos (ABTS)

TROLOX (ACEITE DE AGUAJE DE TINGO MARÍA E IQUITOS)									
Concentración vial (µg/mL)	Concentración final (µg/mL)	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs promedio	Abs blanco	Abs neta	%CRL	IC 50
20	5	0.117	0.115	0.119	0.1170	0	0.1170	83.4434	3.0606
15	3.75	0.28	0.288	0.284	0.2840	0	0.2840	59.8113	
10	2.5	0.432	0.425	0.428	0.4283	0	0.4283	39.3868	
5	1.25	0.565	0.564	0.562	0.5637	0	0.5637	20.2358	
2.5	0.625	0.622	0.627	0.63	0.6263	0	0.6263	11.3679	
ABTS	0	0.709	0.707	0.704	0.7067	0	0.7067	-	

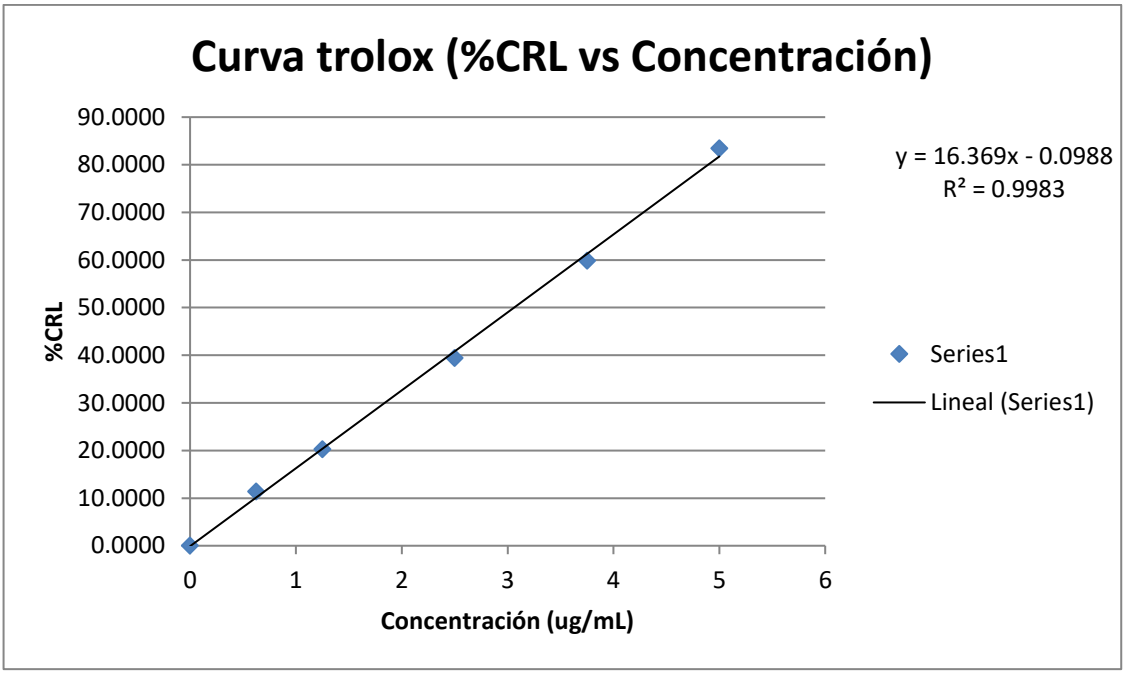


Fig. 20: Gráfico de curva trolox (%CRL vs Concentración) de aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa)*** de Tingo María e Iquitos

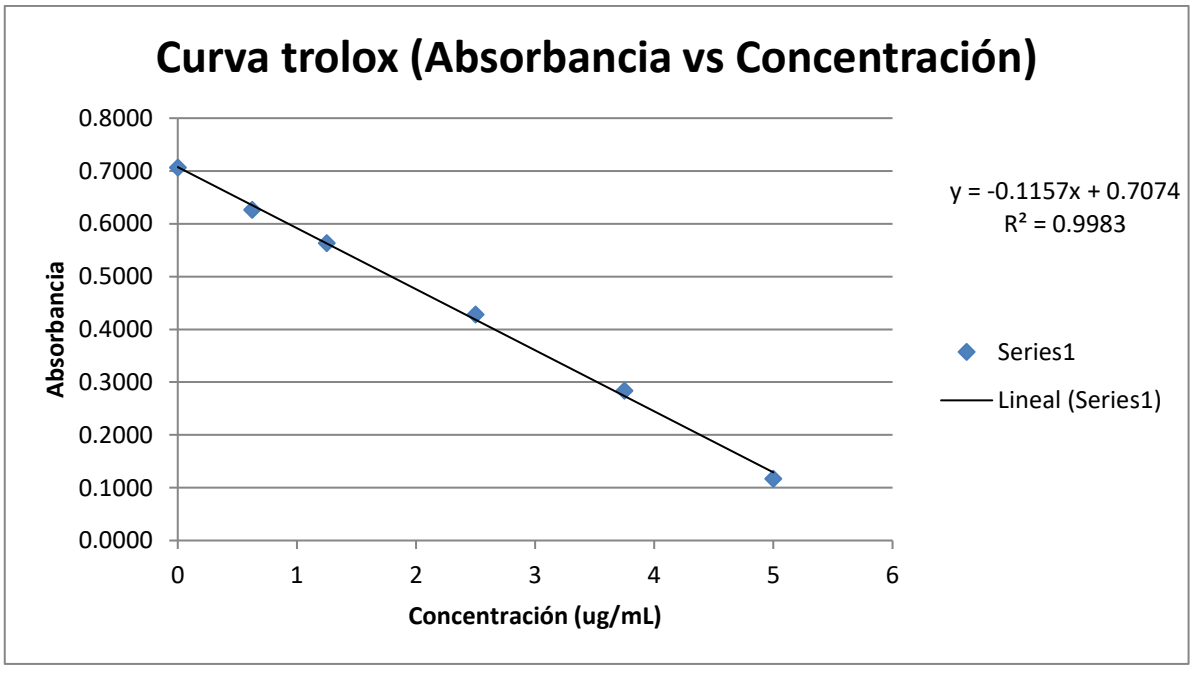


Fig. 21: Gráfico de curva trolox (Absorbancia vs Concentración) de aceite de aguaje (***Mauritia flexuosa)*** de Tingo María e Iquitos

Tabla 20: Resultados de ABTS de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Tingo María

ABTS EN ACEITE DE AGUAJE DE TINGO MARÍA								
Preparación (Solución madre)					4.0304 g de aceite/ 10 mL			
Dilución más concentrada					400 µL de aceite + cloroformo c.s.p. 4 mL			
Concentración (mg/mL)		Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs neta	%CRL	IC 50	Abs IC 50
A	10.076	0.288	0.283	0.279	0.283	58.9570	8.3265	0.3448
B	5.038	0.473	0.465	0.46	0.466	32.4964		
C	2.519	0.570	0.56	0.565	0.565	18.1555		
D	1.2595	0.616	0.617	0.621	0.618	10.4780		
E	0.62975	0.635	0.637	0.64	0.637	7.6775		
ABTS (PATRÓN)		0.690	0.692	0.689	0.690	0.690		

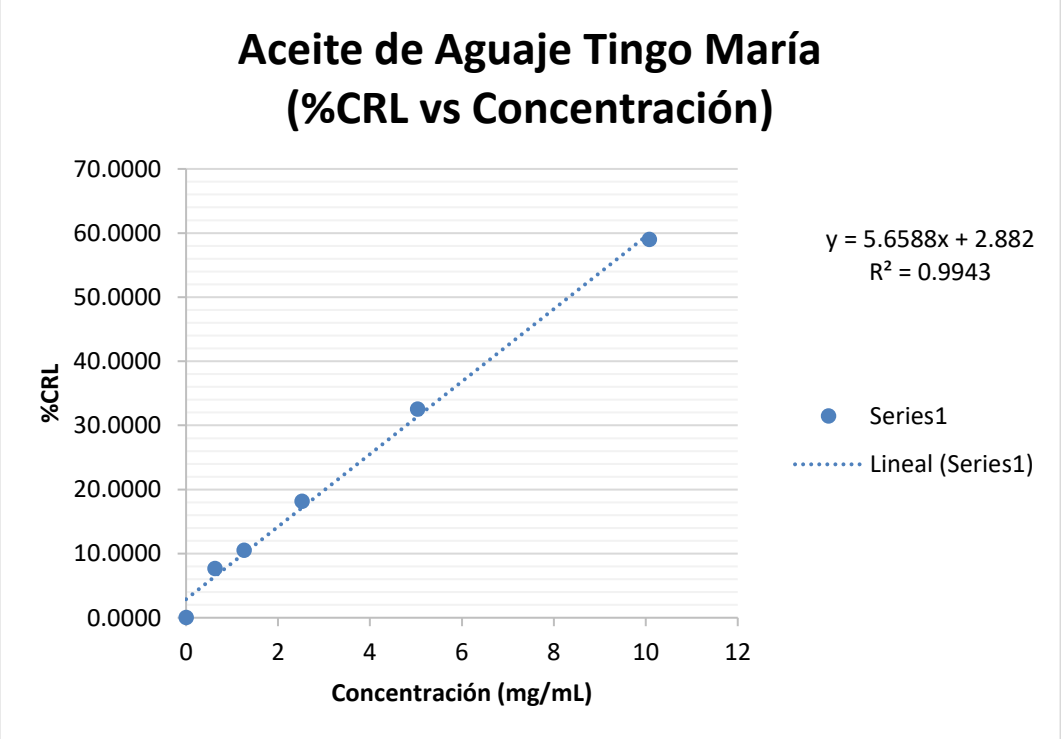


Fig. 22: Gráfico de ABTS (%CRL vs Concentración) de aceite de Tingo María

$$IC\ 50 = \frac{(50 - 2{,}882)}{5{,}6588}$$

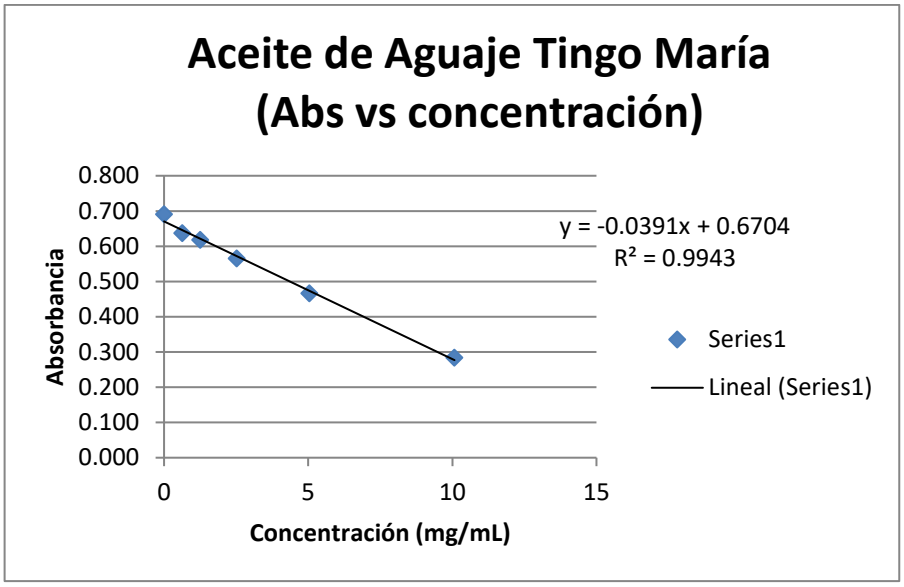


Fig. 23: Gráfico de ABTS (Absorbancia vs Concentración) de aceite de Tingo María

Se sabe que:

Abs IC 50	Equivalentes trolox son (ug/mL) = (Abs IC 50 – 0.7074) / (-0.1157)
0.3448	3.1340

Quiere decir que:

IC 50 = Aceite (mg) en 1 mL	equivale	trolox (ug/mL)
8.3265	---------->	3.1340
1000	---------->	376.3886

Tabla 21: Resultados de ABTS de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Iquitos

ABTS EN ACEITE DE AGUAJE DE IQUITOS								
Preparación (Solución madre)					4.0888 g de aceite/ 10 mL			
Dilución más concentrada					400 µL de aceite + cloroformo c.s.p. 4 mL			
Concentración (mg/mL)		Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs neta	%CRL	IC 50	Abs IC 50
A	10.222	0.167	0.167	0.166	0.167	75.8571	6.5178	0.3450
B	5.111	0.405	0.404	0.401	0.403	41.5741		
C	2.5555	0.536	0.533	0.532	0.534	22.6944		
D	1.27775	0.612	0.61	0.605	0.609	11.7817		
E	0.638875	0.652	0.651	0.647	0.650	5.8426		
ABTS (PATRÓN)		0.690	0.692	0.689	0.690	0.690		

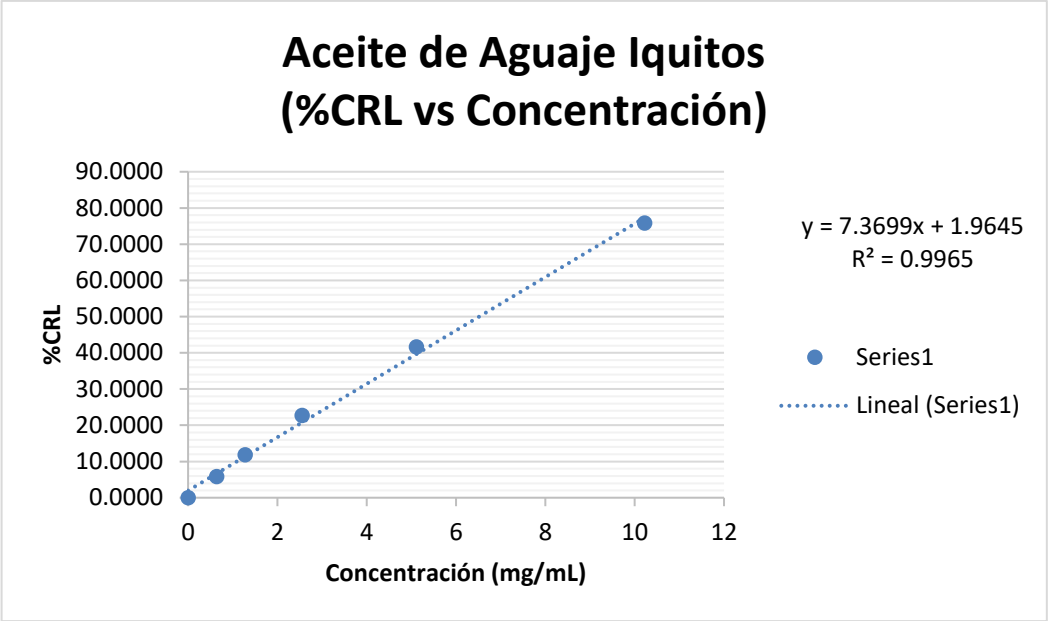


Fig. 24: Gráfico de ABTS (%CRL vs Concentración) de aceite de Iquitos

$$IC\ 50 = \frac{(50 - 1{,}9645)}{7{,}3699}$$

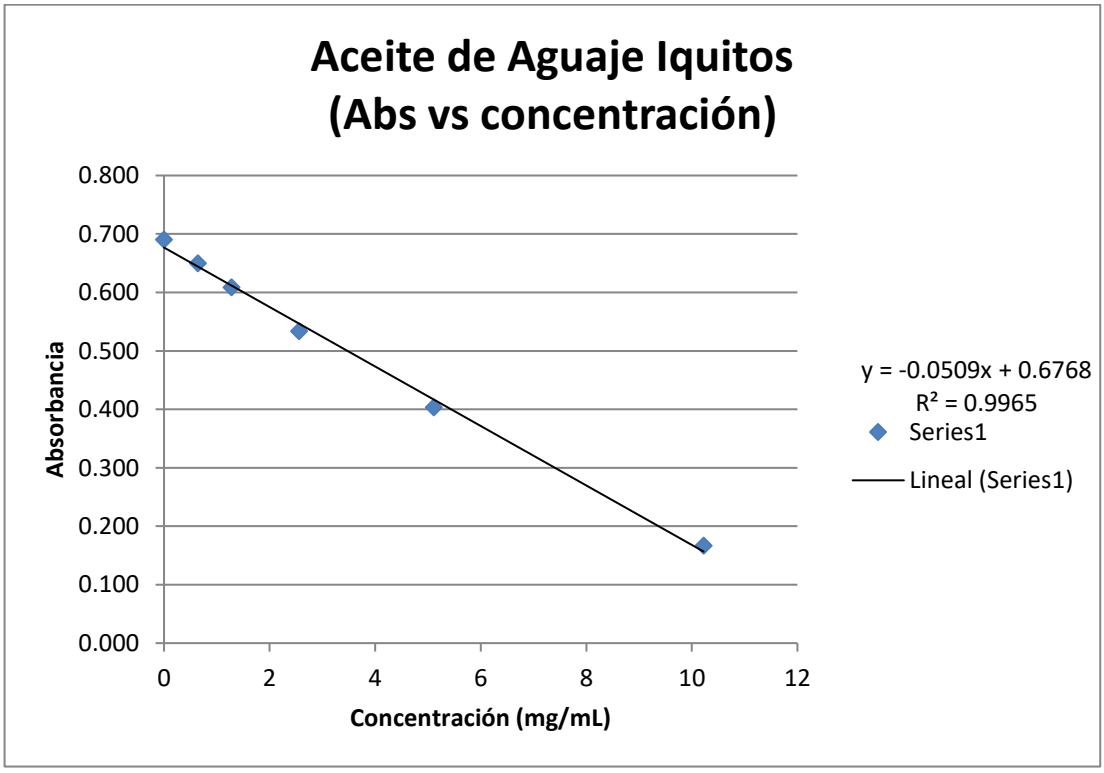


Fig. 25: Gráfico de ABTS (Absorbancia vs Concentración) de aceite de Iquitos

Se sabe que:

Abs IC 50	Equivalentes trolox son (ug/mL) = (Abs IC 50 – 0.7074) / (-0.1157)
0.3450	3.1322

Quiere decir que:

IC 50 = Aceite (mg) en 1 mL

	equivale	trolox (ug/mL)
6.5178	---------->	3.1322
1000	---------->	480.5609

Tabla 22: Comparación de resultados de trolox obtenidos de aceite de aguaje *(Mauritia flexuosa)* por metodología ABTS

Aceite	Abs IC 50	IC 50 (mg/mL)	Equivalentes TROLOX (µg /mL)	Equivalentes TROLOX (µg/1L)
TINGO MARÍA	0.3448	8.3265	3.1340	376.4
IQUITOS	0.3450	6.5178	3.1322	480.6

11.14. Medida de la toxicidad por método de *Artemia salina*:

Se trabajó a 5 concentraciones diferentes y un control negativo, cuyos resultados fueron los siguientes:

Tabla 23: Resultados de toxicidad de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Tingo María.

Concentración del aceite (ppm)	$Log_{10}(C)$	N° de Artemias	N° de Artemias muertas	% de mortalidad
0	0.00	10	1	10
500	2.70	10	1	10
800	2.90	10	2	20
1000	3.00	10	2	20
1500	3.18	10	3	30
2000.00	3.30	10	4	40

Tabla 24: Resultados de toxicidad de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)* de Iquitos.

Concentración del aceite (ppm)	$Log_{10}(C)$	N° de Artemias	N° de Artemias muertas	% de mortalidad
0	0.00	10	1	10
500	2.70	10	1	10
800	2.90	10	1	10
1000	3.00	10	2	20
1500	3.18	10	2	20
2000.00	3.30	10	3	30

Tabla 25: Tabla para interpretación de datos de CL_{50} (56)

Nivel de toxicidad		**CL_{50} (ppm)**
I	Extremadamente tóxico	0-10
II	Altamente tóxico	10-100
III	Moderadamente tóxico	100-500
IV	Ligeramente tóxico	500-1000
V	Prácticamente no tóxico	1000-1500
VI	Relativamente inocuo	<1500

Tabla 26: Resultados de PROBIT según CL_{50} en aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*).

Límites de confianza					
Tingo María			**Iquitos**		
95% de límites de confianza para Concentración			95% de límites de confianza para Concentración		
	Probabilidad	Estimación		Probabilidad	Estimación
PROBIT	,010	-1,700,475	PROBIT	,010	-2,196,611
	,020	-1,213,165		,020	-1,545,113
	,030	-903,983		,030	-1,131,758
	,040	-671,397		,040	-820,807
	,050	-482,206		,050	-567,872
	,060	-321,175		,060	-352,585
	,070	-179,982		,070	-163,820
	,080	-53,561		,080	5,196
	,090	61,414		,090	158,909
	,100	167,248		,100	300,403
	,150	605,432		,150	886,224
	,200	953,687		,200	1,351,816
	,250	1,252,459		,250	1,751,252
	,300	1,520,765		,300	2,109,959
	,350	1,769,390		,350	2,442,353
	,400	2,005,311		,400	2,757,764
	,450	2,233,568		,450	3,062,927
	,500	2,458,206		,500	3,363,251
	,550	2,682,843		,550	3,663,576
	,600	2,911,100		,600	3,968,739
	,650	3,147,021		,650	4,284,149
	,700	3,395,647		,700	4,616,544
	,750	3,663,953		,750	4,975,250
	,800	3,962,724		,800	5,374,687
	,850	4,310,979		,850	5,840,279
	,900	4,749,163		,900	6,426,100
	,910	4,854,998		,910	6,567,593
	,920	4,969,973		,920	6,721,307
	,930	5,096,394		,930	6,890,323
	,940	5,237,587		,940	7,079,088
	,950	5,398,617		,950	7,294,375
	,960	5,587,808		,960	7,547,309
	,970	5,820,394		,970	7,858,260
	,980	6,129,576		,980	8,271,615
	,990	6,616,886		,990	8,923,114

Tabla 27: Interpretación de resultados de toxicidad en aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa)*.

Tingo María		Iquitos	
CL50 (ppm)	2458,206 ppm	CL50 (ppm)	3363,251 ppm

“En el estudio de la actividad citotóxica del aceite de aguaje por el método del bioensayo de toxicidad celular en *Artemia salina*, se obtuvo la concentración letal media (CL50) de 2458,206 ppm (Tingo María) y 3363,251 ppm (Iquitos)”; resultados que de acuerdo a la escala del CYTED, corresponde al ítem “Relativamente inocuo”, por lo cual, es completamente inocuo.

12. DISCUSIÓN

El rendimiento del aceite obtenido de la pulpa de aguaje de Tingo María (29 %) es mayor que el obtenido de la pulpa de aguaje de Iquitos (25 %), el aguaje proveniente de Tingo María y de Iquitos crece en zonas pantanosas, o en condiciones inundables (57), ambas zonas poseen un clima cálido y húmedo, que propicia un ambiente fértil para el crecimiento de aguaje, sus condiciones óptimas de crecimiento son de temperatura aproximada de 17.2 °C – 25 °C, Humedad relativa de aproximadamente 90 %, precipitación pluvial de 3419 mm, altitud de 50 a 800 msnm (9); corroborando que el aguaje (*Mauritia flexuosa* L.) crezca con facilidad en Tingo María e Iquitos, que pertenecen al tipo de selva tropical lluviosa o inundable. La principal diferencia radica en que, Tingo María, tienen una altitud aproximadamente de 660 msnm mientras que Iquitos está 104 msnm (58) (59).

En otros estudios de obtención de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*) por prensado en frio, Paredes obtuvo un rendimiento de aproximadamente 25 % de aceite obtenido de la pulpa (57), en el estudio de Alfaro y Chanane se obtuvo un rendimiento de aproximadamente 11.40 % (60); en el estudio de Chañi, Larry, Flores y otros, se trabajó a 60 °C junto con Dióxido de carbono y se obtuvo un rendimiento de aproximadamente 30 % (61). En la presente investigación, la obtención de aceite de aguaje por prensado es buena, teniendo en cuenta que se dio a una temperatura de 20 °C ± 5 °C, para mantener la calidad del aceite; sin embargo, la eficiencia es menor al 50 %, pues se pierde mucha muestra entre cáscara y semilla, Si bien, al trabajar con altas temperaturas como en otros estudios, se genera un mayor porcentaje de aceite extraído, algunas características del aceite obtenido pueden verse afectadas.

Al realizar el tamizaje fitoquímico a ambos aceites, no se evidenció diferencia relevante, ambos tienen presencia de compuestos fenólicos, taninos, compuestos esteroidales, alcaloides y compuestos glicósidos; el tamizaje fitoquímico corrobora las propiedades antioxidantes atribuidas a la especie vegetal, que corresponden a

los compuestos fenólicos; en el presente estudio, se comprueba que el aguaje (*Mauritia flexuosa*) posee actividad antioxidante (2).

En la caracterización fisicoquímica, existen diferencias entre los aceites de ambas zonas, el más resaltante es que el índice de acidez (IA) del aceite de Tingo María es 0.4, mientras que el aceite de Iquitos es de 0,9. El Codex Alimentarius, establece un valor de índice de acidez menor a 4 en aceites crudos, en su norma general de grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales, lo que aplica para el aceite de aguaje del presente estudio (62). En el estudio Quispe, Ayala y otros, obtienen un índice de acidez (IA) de aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa*) de 5,2, esto puede deberse a que el aceite analizado no pasó por un proceso de neutralización una vez extraído, a diferencia del aceite obtenido en esta investigación, que pasó por un proceso de neutralización alcalina (3). En el estudio de Pilco, el aceite de ungurahui (*Oneocarpus bataua*) obtenido tiene un índice de acidez de 1,006 en aceite de ungurahui crudo y 0,06 en aceite refinado, nos explican que los valores altos de acidez, se deben a la acción hidrolítica del fruto después de la cosecha por lo que las condiciones de almacenamiento del fruto afectan directamente las características del aceite obtenido (12), el aceite de aguaje obtenido de Iquitos tiene un valor más alto al de Tingo María, esto puede deberse a que el traslado de ambos frutos fue diferente, por consiguiente las condiciones de almacenamiento durante el traslado afectaron al fruto proveniente de Iquitos. Así mismo, Koolen, Da Silva y Gozzo, nos mencionan en su estudio que el estado de maduración de los frutos, así como sus condiciones ambientales del crecimiento de la planta, afectan directamente al contenido de compuesto fenólicos que posee. (63).

Con respecto al Índice de Peróxido, considerado como requisito para grasas y aceites en el Codex Alimentarius, con un valor de hasta 15 mEq O_2/kg (62), el aceite de aguaje obtenido de Tingo María tiene un valor de 0.4 mEq O_2/kg, mientras que el de Iquitos, 2,6 mEq O_2/kg; esto los caracteriza como aceites de buena calidad, ya que cuando el Índice de peróxido tiene valores entre 20 – 40 mEq O_2/kg comienza a tener sabor a rancio; en el estudio de Quispe, Ayala y otros, trabajaron

con aceites de aguaje (4,6 mEq O_2/kg) y ungurahui (2.5 mEq O_2/kg), obtuvieron valores por debajo de 10 mEq O_2/kg al igual que en la presente investigación (3).

En el estudio de Paredes, se obtuvieron valores de 77,7 de Índice de Yodo y 192,54 de Índice de Saponificación, en la presente investigación, el Índice de Yodo del aceite de aguaje de Tingo María es de 88,1, y el de Iquitos es 74,1, un índice de Saponificación de 160,3 (Tingo María) y 153,6 (Iquitos), mientras más bajo sea el Índice de Yodo, más bajo será el grado de ácidos grasos insaturados, esto indica que tiene un bajo grado de hidrólisis y oxidación, y el Índice de Saponificación nos da un idea del peso molecular de estos ácidos grasos insaturados lo que lo clasifica como aceite de buena calidad (57) . En el estudio de Quispe, Ayala y otros, el índice de yodo del aceite de aguaje extraído a 60 °C tiene un valor de 95,30, valor similar al aceite de oliva, debido a que la composición de sus ácidos grasos es similar, esto demostraría que el aceite obtenido en nuestro estudio tiene una calidad comparable con el aceite de oliva (3). Comparados con nuestros resultados, son mucho menores, lo que indicaría que, al trabajar la extracción del aceite a mayor temperatura, afectamos el grado de ácidos grasos insaturados.

Se determinó la actividad antioxidante de ambos aceites, el aceite de la zona de Tingo María tiene un resultado de 445 µg /L por metodología DPPH, 376 µg/L por metodología ABTS, mientras que el aceite proveniente de la zona de Iquitos tiene un valor de 600 µg/L por metodología DPPH, 481 µg /L por metodología ABTS. Resultando en que el aceite obtenido de Aguaje proveniente de Iquitos tiene un mayor poder antioxidante, confirmándose por la presencia de compuestos fenólicos en el tamizaje fitoquímico (63) (2). En el estudio de Montañez y Castellano, se considera para el método DPPH que los valores de IC_{50} menores a 30 µg/mL, indican que la especie vegetal tiene un alto potencial antioxidante, valores entre 30 µg/mL - 100 µg/mL, tienen un moderado potencial antioxidante, mientras que valores superiores a 100 µg/mL, tienen un bajo potencial antioxidante; para el aceite obtenido de la pulpa de aguaje *(Mauritia flexuosa*) se obtuvieron valores de 3.42 µg/mL (Tingo María) y 3.40 µg/mL (Iquitos) por método DPPH, lo que indica que tienen un alto potencial antioxidante (32).

En el estudio de Repo y Encina, se obtuvieron valores de 56 a 489 ug/L por DPPH y valores de 61 a 590 ug/L por ABTS, se menciona que la madurez del fruto influye directamente en el contenido de compuesto bioactivos que dan la actividad antioxidante (31), los valores de aceite aguaje coinciden con los valores del aguaymanto en su estado más maduro.

La toxicidad de ambos aceites es relativamente inocua según la tabla de CYTED (56), el % Mortalidad del aceite de aguaje de Tingo María va de 10 % a 40 % y el de Iquitos va de 10 % a 30 %, siendo la CL50 igual a 2458,206 ppm (Tingo María) y 3363,251 ppm (Iquitos), este método ayuda a determinar preliminarmente la actividad antitumoral y/o actividad plaguicida (64), pero se debe considerar la actividad de la muestra frente a la Artemia y la actividad biológica de interés (38), en este caso, el aguaje es un fruto muy consumido en la Selva Peruana, con los resultados obtenidos se constata que el aceite de aguaje de Tingo María e Iquitos es inocuo y podrían utilizarse en productos cosméticos y/o farmacéuticos.

13. CONCLUSIONES:

De la presente investigación se concluye que:

1. Se logró comparar el aceite de aguaje obtenido de ambas zonas, determinando que existen algunas diferencias en la caracterización fisicoquímica de los aceites de aguaje *(Mauritia flexuosa*) obtenidos de las zonas de Tingo María y de Iquitos.

2. Se logró extraer el aceite del fruto de aguaje por prensado en frio y se determinó que el aguaje de la zona de Tingo María (29 %) tiene mayor rendimiento de aceite con respecto al de Iquitos (25 %).

3. Se logró determinar que el aceite del fruto de aguaje de ambas zonas presenta diferencias en su caracterización fisicoquímica, siendo las principales diferencias: el Índice de acidez, yodo y peróxido.

4. Con respecto a la actividad antioxidante, se logró determinar que el aceite de aguaje obtenido de la zona de Iquitos (3,42 µg/mL - DPPH, 3,13 µg/mL - ABTS), resultó tener similar actividad antioxidante con respecto al aceite obtenido de la zona de Tingo María (3,40 µg/mL – DPPH, 3,13 µg/mL - ABTS).

5. Se logró determinar la toxicidad del aceite de fruto de aguaje, dando como resultado que ambos aceites demostraron ser relativamente inocuos, según la escala de CYTED.

14. RECOMENDACIONES

En base a la experiencia de la presente investigación se recomienda:

- Hacer el descascarado en frutos congelados de *Mauritia flexuosa* (aguaje), ya que permite un mejor desprendimiento de la cáscara, sin perder pulpa.

- Realizar un tratamiento al aceite obtenido (Desgomado, neutralización, entre otros) y almacenarlo en frascos de vidrio de color ámbar herméticamente cerrados, para prolongar su tiempo de vida útil y mantener sus características fisicoquímicas.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gonzales A, Torres G. Manual del Cultivo de Aguaje. Primera ed. Pinedo S, editor. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana; 2010.
2. Koolen H, Da Silva F, Gozzo F, Da Sousa A, Da Sousa A. Actividades antioxidantes, Actividades antioxidantes, antimicrobianas y caracterización de compuestos fenólicos de buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*) mediante UPLC–ESI-MS/MS. Food Research International. 2013 Mayo; 51(2): p. 61-67.
3. Quispe F, Ayala M, Inguza M, Landeo EyPG. Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de ungurahui (*Jessenia policarpa*) y aguaje (*Mauritia flexuosa*) de la Amazonía Peruan. Revista de la Sociedad Química del Perú. 2009; 2(75): p. 243-255.
4. Murrieta J. MURRIETA, J. R. 1993. Alimentos del bosque amazónico. UNESCO – ORCYT. Montevideo, Uruguay. Primera ed. Montevideo: UNESCO - ORCYT; 1993.
5. Cornejo C, Carrasco Á, Ramírez J. Cadenas productivas de Aguaje y Tagua. Fundación Pro Naturaleza. 2009 Octubre; 1(1).
6. Vásquez P, Freitas L, Sotero V, Paván R, Mancini-Filhob J. Caracterización química y estabilidad oxidativa de los aceites de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa L.f.,* de la Amazonia Peruana. Grasas y aceites. 2010 Octubre-Diciembre; 61(4).
7. Del Castillo D, Otarola E, Freitas L. Aguaje: La maravillosa palmera de la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 2006;(1).
8. Nicho B. “Estrategias comerciales para la exportación de Aguaje *(Mauritia flexuosa*) de la región Loreto a Estados Unidos”. Tesis para optar el título de Ingeniero en Gestión Empresarial. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima; 2018.
9. Rivera M. Efecto de la temperatura de extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de morete (*Mauritia flexuosa L. f.*). Tesis pregrado.

Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingenieria en alimentos y biotecnología; 2019.

10. Melo V, Cuamatzi O. Bioquímica de los procesos metabólicos. Tercera ed. Barcelona: Reverté; 2019.

11. Durán S, Torres J, Sanhueza J. Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: Características y propiedades. Nutrición Hospitalaria. 2015 Abril; 1(32).

12. Pilco G. Optimización del proceso de extracción de aceite de ungurahua (*Oenocarpus bataua*) en función del. tesis pregrado. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, ciencia e ingenieria en alimentos; 2015.

13. Alvarez M, Abreú L, Plata F, Pineda I. Disponibilidad y purificación de los aceites vegetales gastados a escala laboratorio para usarlos como materia prima oleoquímica. Revista ION. 2006 Diciembre; 1(19).

14. Lafont J, Paez M, Portacio A. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale L*). Información Tecnológica. 2011 Mayo; 22(1).

15. Carbajal L, Hata Y, Sierra NyRD. Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de Cupatá (*Strychnos schultesiana krukoff*). Revista colombiana Forestal. 2009 Diciembre; 12(I).

16. Albornoz A. Productos naturales : estudio de las sustancias y drogas extraídas de las plantas. Primera ed. Caracas: Publicaciones de la Universidad Central de Venezuela; 1980.

17. Miño G. Investigación fitoquímica e identificación de principios activos en seis especies del género Baccharis. Tesis pregrado. Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ciencias de la vida y la agricultura; 2007. Report No.: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/1226.

18. Widman Internatinal SRL. www.widman.biz. [Online].; 2020 [cited 2020 Octubre 30. Available from: https://www.widman.biz/Seleccion/viscosidad.html.

19. Administración Nacional de Medicamentos AyTM. anmat.gov.ar. [Online].; 2013 [cited 2020 junio 23. Available from:

http://www.anmat.gov.ar/resultados.asp?cx=018082787451070703178%3Arx-vbt5pdfu&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=ACTA02-13.pdf.

20. Orio J, Majarrez J. Dinámica de fluidos. Informe de práctica del Departamento de Ingeniería. Ciudad de México: Universidad Autónoma del Estado de México, México; 2017.

21. Becerra , L.. Universidad de Antioquía - Análisis fisicoquímicos de grasas y aceites. [Online].; 2015 [cited 2020 Marzo. Available from: http://docencia.udea.edu.co/qf/grasas/analisis.html#.

22. Gomez J. Titulación Potenciométrica. Manual de Prácticas del Laboratorio de Química - Escuela de Ingenieria Industrial. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello., Venezuela; 2004.

23. Goyenola G. Guia para la utilización de valijas viajeras: Determinación de pH. RED MAPSA. 2007 Junio; 1(1).

24. Llontop M, Nunura M. Extracción y caracterización del aceite esencial y pectina de Naranja (*Citrus sinensis*) obtenidos de desechos recolectados en las juguerias del Mercado Modelo del distrito de Lambayeque. Tesis para optar Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo; 2019.

25. Paucar L, Salvador R, Guillén J, Capa J, Moreno C. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis l.*), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. Scientia Agropecuaria. 2015 Noviembre; 6(4).

26. Chatterjea M, Shinde R. Textbook of Medical Biochemistry. 8th ed. Publishers JBM, editor. India: JAYPEE; 2012.

27. Ortega M, L. V. Caracterización fisicoquímica del aceite crudo y refinado de la semilla de *Proboscidea parviflora* (Uña de gato). Grasas y aceites. 1993; 44(1).

28. Rodríguez J, Maldonado J, Muro M, Miranda L. Índice de saponificación de cinco mantecas determinado mediante un micrométodo. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2016; 1(1).

29. Córdova G, Nuñez A. Determinación del perfil de ácidos grasos de una aceite extraido de las semilla de *Vitis vinifera* (uva negra criolla). Tesis para optaer el

Título de Ingeniero Químico. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo; 2014.

30. Hanna Instruments. hannainst.es. [Online].; 2020 [cited 2020 Octubre 29. Available from: https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos.

31. Repo R, Encina R. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista Sociedad Química del Perú. 2008 Abril; 74(2).

32. Montañez M, Castellanos E. Composición química del aceite esencial y evaluación de la capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana de las especies vegetales Smallanthus pyramidalis (Arboloco) Y Alnus acuminata (Aliso). Proyecto curricular de licenciatura en química. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de caldas, Colombia; 2017.

33. Huang D. OB,PRL. The Chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemestry. 2005 Marzo; 53(6).

34. Tovar Del Rio J. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera. Tesis para optar el tíulo de Químico Industrial. Colombia: Universidad tecnológica de Pereira, Pereira; 2013.

35. Sanchez L, Neira A. Bioensayo general de letalidad en Artemia salina, a las fracciones del extracto etanólico de *Psidium guajava.* L y *Psidium guineense*. Sw. Cultura Cientifica. 2005 Octubre.

36. Casado I, Mora N, Ferrer G, Fernandez S, Pino D. Citotoxicidad in vitro y potencialidades de los compuestos quinoides como agentes antitumorales. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia. 2016 Enero-Marzo; 32(1).

37. Igarashi M. Potential for the production and exploitation of Artemia in the coastal salt works of Rio Grande do Norte. Revista Semiárido de Virú. 2021 Abril; 9(2).

38. Pino Pérez O, Jorge Lazo F. Ensayo de artemia: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. Protección vegetal. 2010 enero-abril; 25(1).

39. Guija E, Inocente M, Ponce J, Zarzosa E. Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte Medico. 2015 Enero-Marzo; 1(15).

40. Rodriguez D, Kimura M. Harvest PLus Handbook for carotenoid analysis. Segunda ed. Washintong DC: Copyright Harvest Plus; 2004.

41. Dudonne S, Vitrac X, Philippe C, Woillez M, Merillon JM. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. Journal of Agricultural and foof chemistry. 2009 Setiembre; 57(5).

42. Díaz V, Calzadilla A. Artículos científicos, tipos de investigación y productividad cientifica en las Ciencias de la Salud. Revista Ciencias de la Salud. 2016 Enero; 14(1).

43. Rojas M. Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. 2015 Enero; 16(1).

44. Diaz V. El concepto de ciencia como sistema, el positivismo, neopositivismo y las “investigaciones cuantitativas y cualitativas”. Salud Uninorte. 2014 Marzo; 30(2).

45. AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 1st ed. Firestone , editor. Illinois: American Oil Chemists Society; 2002.

46. AOAC. Ácidos grasos en aceites refinados y crudos. Décimo Sexta ed. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists; 2000.

47. Odeon A. Solubilidad de lipidos. Manual de prácticas: Laboratorio de Química. Bogotá: Universidad distrital de Francisco Jose de Caldas., Colombia; 2016.

48. Riba J, Bernat E, Grau B, Puig R, Rius A. Caracterización de las propiedades físicas de aceites vegetales para ser utilizados como carburante en motores diesel. Afinidad LXVI. 2010 Marzo-Abril; I(546).

49. Haro A, Moreno K. Caracterización fisicoquímica y toxicidad in vitro de la oleorresina de *Copaifera reticulata* “copaiba”. Tesis pregrado. Lima: UNMSM, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2021.

50. Convention TUS. Farmacopea de los Estados Unidos de América: Formulario Nacional , Compendios de normar oficiales. 4237th ed. Rockville: The Unites States Convention; 2020.

51. Bohorquez R. Determinación de actividad antioxidante de extractos de hojas de *Diplostephium phylicoides* (Kunth) Wedd. Tesis para optar el título de Químico. Bogotá D.C.: UNIVERSIDAD EL BOSQUE, Facultad de ciencia y tecnología; 2016.

52. McLaughlin JL LLAJ. The use of biological assays to evaluate botanicals. Drug Information J. 1998 Abril; 32(2).

53. Estudio toxicológico y teratogénico del extracto metanólico de Cinnamomun zeylanicum (canela). Revista Horizonte Médico. 2003, Diciembre; 1(1).

54. Jaramillo B, Olivero J, Muñoz K. Composición química volátil y toxicidad aguda (CL50) frente a *Artemia salina* del aceite esencial del *Croton malambo* colectado en la costa norte de Colombia. Scientia Et Technica. 2007 Abril; XIII(33).

55. Meyer BN FNPJJLNDMJ. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. Planta Med. 1982 Mayo; 45(5).

56. CYTED. Manual de técnicas de investigación. Proyecto X-I. Búsqueda de principios bioactivos en Plantas de la Región. Subprograma X. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). 1995; 16(1).

57. Paredes J. Determinación del rendimiento y características fisicoquímicas del aceite obtenido mediante extracción mecánica en frío de tres ecotipos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.) en la región Ucayali. Tesis pregrado. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, Ciencias agropecuarias; 2021.

58. MINAGRI. Potenciación de producción de cacao en Huanuco. HUANUCO: MINAGRI; 2021.

59. MINAGRI. MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. [Online].; 2021 [cited 2021. Available from: https://www.midagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima/370-clima-de-la-sierra-y-selva.

60. Alfaro K, Chaname E. Determinación de los parámetros operacionales en la obtención de un producto oleoso de la *Mauritia flexuosa* (aguaje). Tesis pregrado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Ingenieria Química; 2008.

61. Chañi L, Flores J, Torres E, García D, De Almeida M. Extracción de ácidos grasos esenciales de la pulpa de aguaje (*Mauritia flexuosa*) empleando dióxido de carbono supercrítico. Madre de Dios: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; 2019.

62. Alimentarius C. Norma general del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individualmente. Segunda ed. Roma: FAO/OMS; 1989.

63. Castillo B, Cajas M, Montoya S, García F. Actividad antioxidante, polifenoles totales y tamizaje fitoquimico de Chilangua (*Eryngium Foetidum*). RECIAMUC. 2022 Julio; 10(3).

64. Sanchez Y, Pino O, Abreú J, Naranjo E, Iglesi A, Jorge F. Actividad promisoria de aceites esenciales de especies pertenecientes a la tribu Pipereae frente a *Artemia salina* y X*anthomonas albilineans*. Protección Vegetal. 2011; 26(1).

65. Grasso V. Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. Tesis doctoral. La Plata: Universidad de La Plata, Ingenieria de los alimentos; 2013.

66. http://elpoderdelacuriosidad-fisicayquimica.blogspot.com/. http://elpoderdelacuriosidad-fisicayquimica.blogspot.com/. [Online].; 2014 [cited 2022 octubre. Available from: http://elpoderdelacuriosidad-fisicayquimica.blogspot.com/2014/11/extraccion.html.

67. Ferrarese L, Heredia M, Maestri D, Bodoria R, Grasso F, Martinez M. Extracción de aceite por prensado mecánico a partir de mani sin blanchear. Informe práctico. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Departamento de química industrial y aplicada; 2019.

68. Koolen H, Da Silva F, Gozzo F, Da Sousa ADSA. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC–ESI-MS/MS. Food Research International. 2013 Enero; 51(2).

16. ANEXOS

Anexo 1: Ficha taxonómica de aguaje (*Mauritia flexuosa*)

César A. Grández Ríos
CONSULTOR BOTÁNICO
C.B.P. N° 3052

FICHA TAXONÓMICA

***Mauritia flexuosa* L. f**

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Genero: *Mauritia*

Especies: *flexuosa*. L. f

Palmas 20-35(50) m. Hojas 9-15 costillado-palmeadas, hasta 2.5 x 4.5 m, profundamente divididas en 110-200 segmentos laciniados, inclinados o péndulos (menos que del largo), con costa de 1 m de largo, recurvada; vainas hasta 2-3 m de largo. Inflorescencia erguida con las raquillas péndulas; pedúnculo hasta 1 m de largo, raquis 1.5 m de largo, con hasta 36 raquillas. Frutos oblongos, elípticos o subglobosos, 4-7 x 3-5 cm; mesocarpo carnoso. H: en lugares inundables con mal drenaje, forman asociaciones hidromórficas llamadas localmente "aguajales" (ALL- M). U: frutos comestibles. Nv: aguaje.

BLGO. CESAR A. GRANDEZ RIOS
PROF. ASOCIADO FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS
UNAP-IQUITOS
DNI. 05295541

Anexo 2: Selección, lavado y pelado del fruto de aguaje lavado







Anexo 3: Despulpadora utilizada.





Anexo 4: Fruto de aguaje, descascarado y despulpado



Anexo 5: Deshidratación y acondicionado de pulpa de aguaje.



Anexo 6: Pulpa deshidratada de aguaje y acondicionamiento





Anexo 7: Extracción de aceite a partir de la pulpa de aguaje

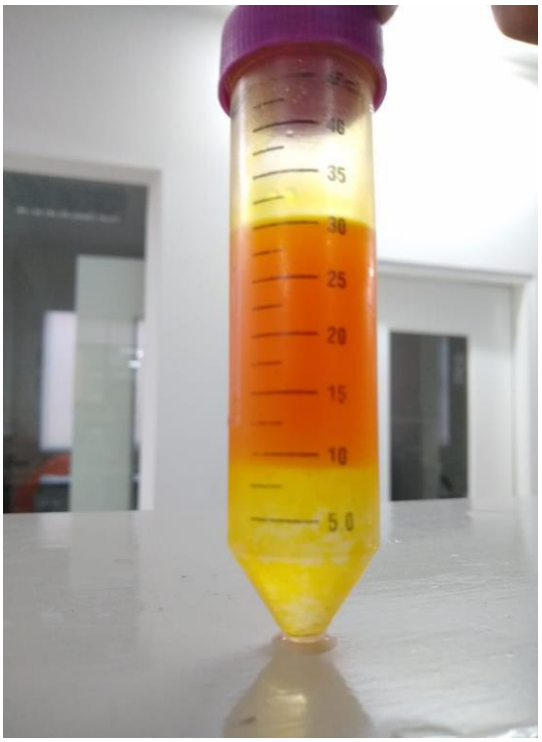






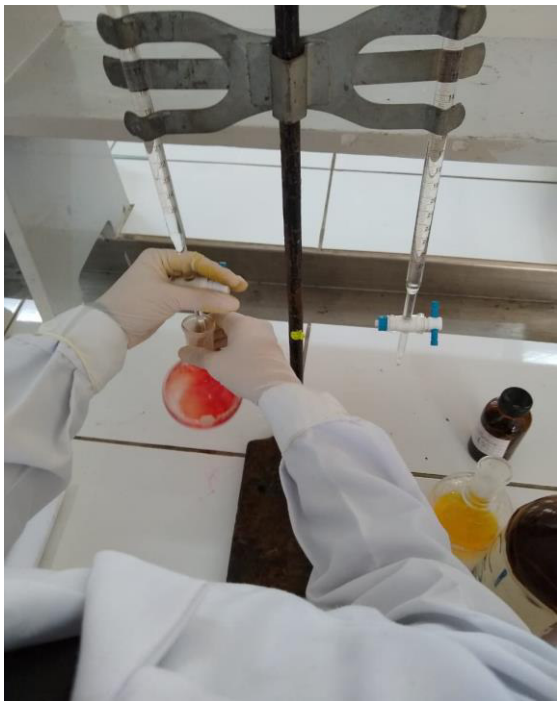
Anexo 8: Refinamiento o purificación de aceite obtenido





Anexo 9: Titulación volumétrica del aceite de aguaje.



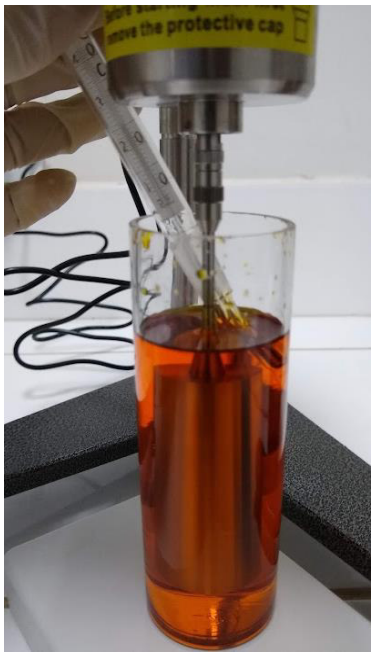


Anexo 10: Sistema de saponificación



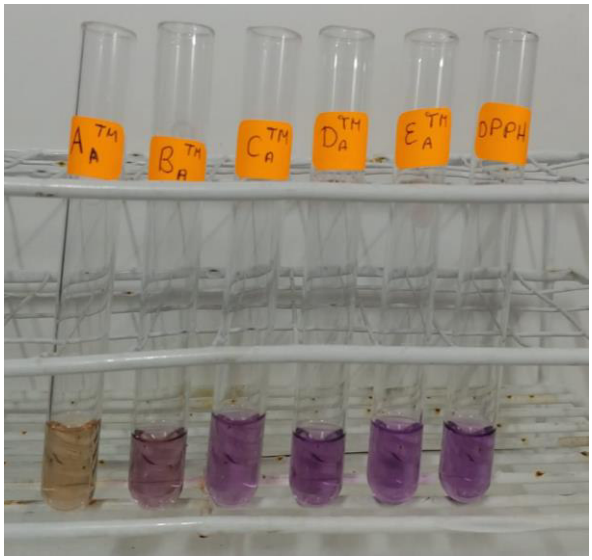


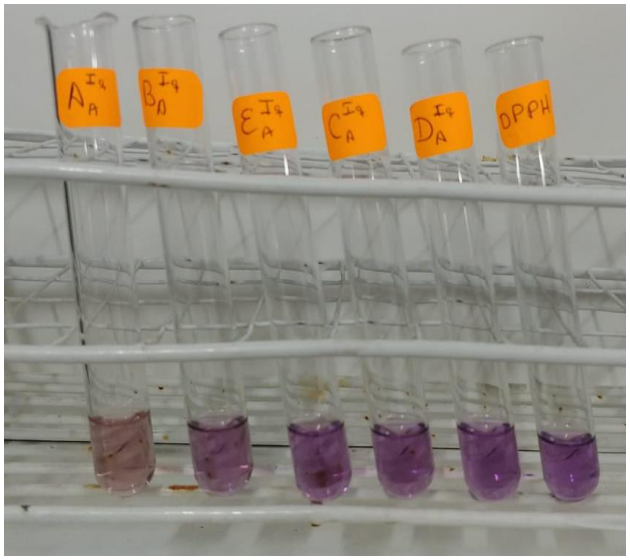
Anexo 11: Lectura de viscosidad del aceite de aguaje



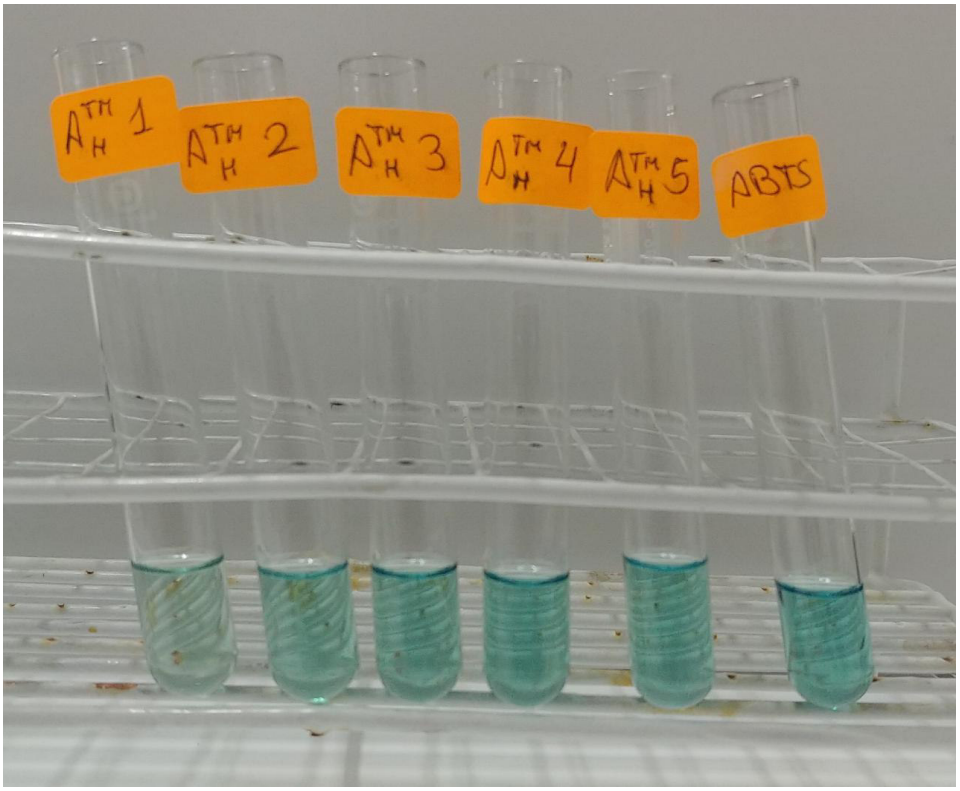


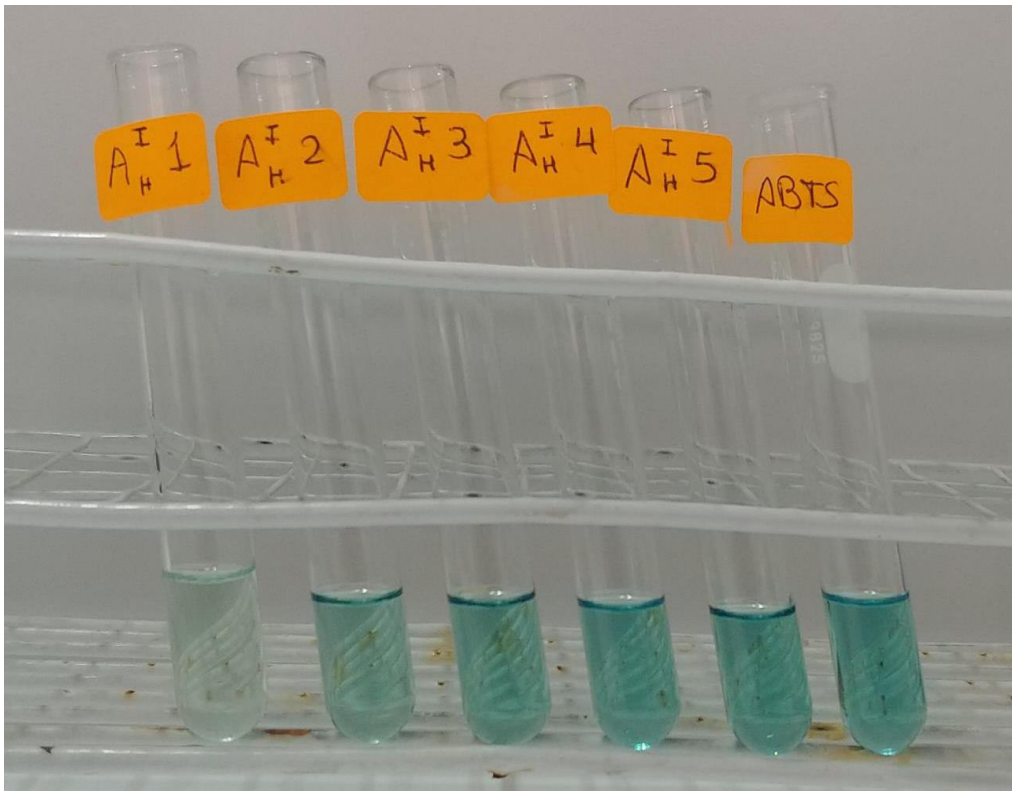
Anexo 12: Preparación de muestras para metodología DPPH





Anexo 13. Preparación de muestras para metodología ABTS





Anexo 14: Acondicionado de huevos de Artemia salina en condiciones de vida óptima





Anexo 15: Viales de trabajo de ensayo de toxicidad en Artemia salina.



