

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN DE LA  
PULPA DE TRES ECOTIPOS DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa*  
*L.f.*), EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES  
TOTALES Y ANTOCIANINAS DEL ACEITE EXTRAÍDO POR  
PRESIÓN EN FRÍO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**DAMARIS KATTLYN ARANCIBIA DÁVILA**

Pucallpa , Perú

2023

ii



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **ARANCIBIA DÁVILA DAMARIS KATTLYN**, denominada: **EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DE TRES ECOTIPOS DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.F.) EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES TOTALES Y ANTOXIANINAS DEL ACEITE EXTRAIDO POR PRESIÓN EN FRÍO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR MAYORÍA** Con el calificativo **(\*16) DIECISEIS**.

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

Pucallpa, 20 de Julio del 2021.

Ing. Henry Mack Pinchi Ramírez, Dr.  
Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc.  
Secretario

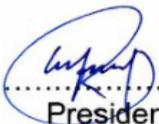
Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.  
Miembro

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

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

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

Ing. Mack Henry Pinchi Ramírez, Dr.

  
.....  
Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc.

  
.....  
Secretario

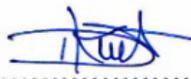
Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.

  
.....  
Miembro

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.

  
.....  
Asesor

Bach. Damaris Kattlyn Arancibia Davila

  
.....  
Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

### SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N° V/0032-2021**

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE DESHIDRATACION DE A PULPA DE TRES ECOTIPOS DE AGUAJE (*Mauritia Flexuosa L*) EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES TOTALES Y ANTOXIANINAS DEL ACEITE EXTRAIDO POR PRESION EN FRIJO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA ”

Cuyo autor (es) : ARANCIBIA DAVILA, DAMARIS KATLYN

Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Escuela Profesional : INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.  
Asesor(a) : Mg. VICENTE SANTA CRUZ, EDGAR

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 09%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 01/02/2021



Dra. DINA PARI QUISPE  
Dirección de Producción Intelectual



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**  
REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, DAMARIS KATLYN ARANCIBIA DAVICA  
Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:  
EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE DESHIDRATACION DE LA PULPA DE  
TRES ECOTIPOS DE AGUAJE (MAURITIA FLEXUOSA L.F.) EN LA CAPACIDAD  
ANTIOXIDANTE, POLIFENOLOS TOTALES Y ANTOCIANINAS DEL ACEITE  
EXTRAÍDO POR PRESIÓN EN FRÍO EN LA CIUDAD DE PUCALLPA  
Sustentada el año: 2021  
Con la asesoría de: EDGAR VICENTE SANTA CRUZ  
En la Facultad de: CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Escuela Profesional de: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPi cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

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

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

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

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20 / 07 / 2021

Email: dkarancibia2@gmail.com

Teléfono: 929313152

Firma: 

DNI: 47647375

[www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)

✉ [repositorio@unu.edu.pe](mailto:repositorio@unu.edu.pe)

## DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir una de mis metas y por estar conmigo en cada paso que doy.

A mis padres, Verita y Walter por todo el apoyo, amor incondicional que permitió mi crecimiento personal, profesional y porque nunca dejaron de creer en mí, gracias a ustedes esta meta esta cumplida, los amo.

A mi hija Domenica que es mi motor y mi razón principal para salir adelante.

A mi hermano Flavio, mis abuelitos Luz Aurora, Santiago, Victoria, Odilo por brindarme todo su apoyo incondicional y a toda mi familia, gracias, los amo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater Universidad Nacional de Ucayali, por estos cinco años que contribuyo a mi formación académica con una plana docente de calidad de la facultad de ciencias agropecuarias

A mi asesor el Ing. M.Sc. Edgar Vicente Santa Cruz por su paciencia, criterio y motivación, ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A mis compañeros del proyecto por el apoyo recibido desde un inicio, a Bruno Adrián Rengifo Saldaña y Sandra Noriega Hemeryth por su apoyo incondicional para culminar el presente trabajo.

## ÍNDICE.

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. ANTECEDENTES.....	2
2.2. GENERALIDADES DEL AGUAJE.....	4
2.2.1. Descripción botánica.....	4
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.2.3. Fruto.....	5
2.2.4. Variedades o cultivares.....	6
2.2.5. Rendimiento del fruto.....	7
2.3. DESHIDRATACION.....	8
2.3.1. Factores de secado.....	9
2.3.2. Métodos de deshidratación.....	11
2.3.1. Deshidratación en bandeja.....	11
2.4. ACEITE CRUDO.....	12
2.4.1. Definición.....	12
2.4.2. Factores que influyen en el proceso extracción.....	13
2.4.3. Extracción de aceite por prensado en frío.....	14
2.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	15
2.5.1. Factores que influyen en la degradación de antioxidantes.....	16
2.6. POLIFENÓLES TOTALES.....	17
2.7. ANTOCIANINAS.....	18

III. MATERIALES Y MÉTODO.....	20
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	20
3.2. MATERIA PRIMA.....	20
3.2.1. Shambo .....	20
3.2.2. Ponguete .....	20
3.2.1. Amarillo.....	20
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
3.3.1. Reactivos.....	21
3.3.2. Materiales.....	21
3.3.3. Equipos e instrumentos.....	21
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	22
3.4.1. Diagrama de bloques para la extraccion de aceite de aguaje..	22
3.4.2. Proceso de extraccion de aceite.....	23
3.4.3. Caracterizacion fisica quimica .....	25
3.4.4. Determinacion de la capacidad antioxidante .....	26
3.4.5. Determinacion de polifenoles totales .....	26
3.4.5. Determinacion de antocianinas .....	26
3.5. DISEÑO ESTADISTICO DE LA INVESTIGACION.....	26
3.5.1. Diseño experimental .....	26
3.6. MODELO ESTADISTICO .....	28
3.6.1. Evaluación de las características químico proximal.....	28
3.7. ANALISIS DE DATOS.....	28
3.7.1. Analisis estadistico .....	28
3.7.2. Nivel de investigacion.....	28
3.7.3. Poblacion y muestra.....	29
3.8. VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.....	29

3.8.1. Variables independientes. ....	29
3.8.2. Variables dependientes. ....	30
3.9. DESCRIPCION DE INSTRUMENTOS Y TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS. ....	30
IV. RESULTADOS. ....	31
4.1. CARACTERISTICAS BIOMETRICAS DE LOS TRES ECOTIPOS DE AGUAJE. ....	31
4.1.1. Diametro longitudinal y transversal del aguaje. ....	31
4.1.2. Composicion del fruto del aguaje. ....	32
4.2. EXTRACCION DE ACEITE. ....	33
4.2.1. Shambo ....	33
4.2.3. Ponguete ....	33
4.2.4. Amarillo.....	33
4.3. ANÁLISIS FÍSICOS QUIMICOS DE LOS TRES ECOTIPOS DEL AGUAJE. ....	34
4.3.1. Humedad ....	34
4.3.2. Densidad.....	34
4.3.3. Acidez ....	36
4.3.4. Incide de peroxido ....	37
4.3.5. Incide de saponificacion ....	37
4.4. CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES. ....	38
4.5. CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES.....	39
4.5. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS. ....	40
V. DISCUSIÓN.....	41
5.1. CARACTERISTICAS BIOMETRICAS DE LOS ECOTIPOS DE AGUAJE. ....	41
5.2. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LOS ECOTIPOS DE AGUAJE. ....	41

5.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS TRES ECOTIPOS.....	42
5.4. CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DE LOS TRES ECOTIPOS. ..	43
5.5. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE LOS TRES ECOTIPOS.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES. ....	46
VIII. LITERATURA CITADA. ....	47
IX. ANEXO.....	52

## RESUMEN

Para la extracción del aceite por presión en frío de la pulpa de aguaje previamente se realiza el deshidratado de la pulpa, siendo este un componente susceptible a las temperaturas. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la temperatura ( $T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$  y  $T_2 = 60\text{ }^\circ\text{C}$ ) de deshidratación de la pulpa de tres ecotipos de aguaje (shambo, ponguete y amarillo) en la capacidad antioxidante, el contenido de polifenoles totales y antocianinas en el aceite extraído por presión en frío.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de  $3 \times 2$  con 3 repeticiones, luego se procedió a someter a las variables a un análisis de varianza con un nivel de significación de ( $p < 0.05$ ), donde indica que existe diferencia significativa entre los ecotipos y los niveles de temperatura, con respecto al contenido de antioxidantes, polifenoles totales y antocianinas, confirmando dicha significación con el análisis de comparación medias múltiples de Tukey.

Las muestras fueron recolectadas de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, departamento de Ucayali, los resultados mostraron en cuanto a las características biométricas del ecotipo amarillo alcanza 6,39 cm de largo y 16,52 g del peso de la pulpa fruto, seguido del ecotipo ponguete alcanza 5,43 cm de largo y 5,21 g del peso de la pulpa del fruto y por último ecotipo shambo alcanza 6,44 cm de largo y 18,97 g del peso de la pulpa del fruto. En cuanto a los análisis fisicoquímicos para los aceites, el contenido de humedad, densidad e índice de saponificación tienen un promedio de 0,9%, 0,912 g/ml y 186,07% para los tres ecotipos (amarillo, ponguete y shambo) a temperatura de deshidratación de  $50\text{ }^\circ\text{C}$  y  $60\text{ }^\circ\text{C}$  respectivamente, mientras que el índice de acidez e índice de peróxido menor fueron 1,29% y 9,10 meq  $\text{O}_2/\text{Kg}$  para el ecotipo amarillo a temperatura de deshidratación de  $50\text{ }^\circ\text{C}$  respectivamente. En el estudio realizado

de la tesis nos demuestra que no se encontró efecto de la temperatura de deshidratación de los ecotipos de aguaje del aceite extraído en frío para la capacidad antioxidante y antocianinas. Sin embargo, en el contenido de polifenoles se encontró diferencias significativas entre los ecotipos ponguete y shambo (27,19 mg GAE/100g y 26,3 mg GAE/100g respectivamente) a diferencia del ecotipo Amarillo con una media de 13,88 mg GAE/100g, observando que a menor temperatura (50°C) la degradación de los polifenoles en el aceite resulta ser menor.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, polifenoles, antocianinas, ecotipos de aguaje.

## ABSTRACT

To extract the oil by cold pressure from the aguaje pulp, the pulp is dehydrated beforehand, this being a component susceptible to temperatures. In the present work, the effect of temperature ( $T_1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $T_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) of dehydration of the pulp of three ecotypes of aguaje (shambo, ponguete and yellow) on the antioxidant capacity, the content of total polyphenols and anthocyanins in the oil extracted by cold pressure.

A completely randomized design (DCA) was used, with a factorial arrangement of  $3 \times 2$  with 3 repetitions, then the variables were subjected to an analysis of variance with a significance level of ( $p < 0.05$ ), where it indicates that there is a difference. significant between ecotypes and temperature levels, with respect to the content of antioxidants, total polyphenols and anthocyanins, confirming this significance with Tukey's multiple means comparison analysis.

The samples were collected from the provinces of Coronel Portillo and Padre Abad, department of Ucayali, the results showed regarding the biometric characteristics of the yellow ecotype reaches 6.39 cm in length and 16.52 g of the weight of the fruit pulp, followed of the ponguete ecotype it reaches 5.43 cm long and 5.21 g of the weight of the fruit pulp and finally the shambo ecotype reaches 6.44 cm long and 18.97 g of the weight of the fruit pulp. Regarding the physicochemical analyzes for the oils, the moisture content, density and saponification index have an average of 0.9%, 0.912 g / ml and 186.07% for the three ecotypes (yellow, ponguete and shambo) at temperature of dehydration of  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectively, while the acid number and lower peroxide number were 1.29% and 9.10 meq  $\text{O}_2$  / Kg for the yellow ecotype at dehydration temperature of  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectively. In the study carried out on the thesis, it shows

us that there was no effect of the dehydration temperature of the aguaje ecotypes of the cold extracted oil for the antioxidant capacity and anthocyanins. However, in the content of polyphenols, significant differences were found between the ponguete and shambo ecotypes (27.19 mg GAE/100g and 26.3 mg GAE/100g respectively) in contrast to the yellow ecotype with an average of 13.88 mg GAE/100g, observing that at a lower temperature (50°C) the degradation of polyphenols in the oil turns out to be less.

Key words: Antioxidant capacity, polyphenols, anthocyanins, putty

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Composicion macroscopica del fruto de aguaje.....	6
<b>Cuadro 2.</b>	Caracteristicas fisicas de los frutos de aguaje. ....	8
<b>Cuadro 3.</b>	Factor de estudio y sus diferentes niveles .....	27
<b>Cuadro 4.</b>	Diametro longitudinal y transversal del fruto de aguaje. ....	31
<b>Cuadro 5.</b>	Composicion del fruto del aguaje. ....	32
<b>Cuadro 6.</b>	Analisis fisicoquimico del aceite de aguaje .....	34
<b>Cuadro 7.</b>	Prueba de Tukey para indice de saponificacion.....	55
<b>Cuadro 8.</b>	Prueba de Tukey para indice de saponificacion.....	55
<b>Cuadro 9.</b>	Pruebas de multiple rango para polifenoles totales. ....	55
<b>Cuadro 10.</b>	Analisis de varianza para densidad.....	56
<b>Cuadro 11.</b>	Analisis de varianza para humedad .....	56
<b>Cuadro 12.</b>	Analisis de varianza para acidez.....	56
<b>Cuadro 13.</b>	Analisis de varianza para saponificacion. ....	57
<b>Cuadro 14.</b>	Analisis de varianza para peroxidos.....	57
<b>Cuadro 15.</b>	Analisis de varianza para antioxidantes. ....	57
<b>Cuadro 16.</b>	Analisis de varianza para polifenoles totales. ....	58
<b>Cuadro 17.</b>	Analisis de varianza para antocianinas. ....	58
<b>Cuadro 18.</b>	Densidad del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.....	59
<b>Cuadro 19.</b>	Humedad del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. ....	59
<b>Cuadro 20.</b>	Acidez del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. ....	60
<b>Cuadro 21.</b>	Saponificacion del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. ....	60
<b>Cuadro 22.</b>	Peroxidos del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.....	61
<b>Cuadro 23.</b>	Antioxidantes del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. ....	61
<b>Cuadro 24.</b>	Polifenoles del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. ....	62

**Cuadro 25.** Antocianinas del aceite de aguaje con sus dos temperaturas. .... 62

**Cuadro 26.** Características biométricas del ecotipo amarillo del aguaje..... 63

**Cuadro 27.** Características biométricas del ecotipo ponguete del aguaje. .... 65

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes del fruto de <i>Mauritia flexuosa</i> “aguaje” .....	5
<b>Figura 2.</b> Diferenciación del color de pulpa del fruto maduro de los morfotipo amarillo (A), color (B) y shambo (C).....	7
<b>Figura 3.</b> Flujograma de extracción de aceite .....	22
<b>Figura 4.</b> Factor y nivel de experimento.....	26
<b>Figura 5.</b> Medidas de los frutos del aguaje.....	31
<b>Figura 6.</b> Composición del aguaje.....	32
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de las medias de humedad por ecotipo .....	62
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de las medias de densidad por ecotipo .....	62
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de las medias de acidez por ecotipo .....	63
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de las medias de peróxido por ecotipo .....	63
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de las medias de saponificación por ecotipo.....	63
<b>Figura 12.</b> Comportamiento de las medias de antioxidante por ecotipo .....	64
<b>Figura 13.</b> Comportamiento de las medias de polifenoles totales por ecotipo .....	64
<b>Figura 14.</b> Comportamiento de las medias de antocianinas por ecotipo .....	64
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de las medias para densidad.....	65
<b>Figura 16.</b> Interacción de densidad por ecotipo y temperatura.....	65
<b>Figura 17.</b> Comportamiento de las medias para humedad .....	65
<b>Figura 18.</b> Interacción de humedad por ecotipo y temperatura .....	66
<b>Figura 19.</b> Comportamiento de las medias para acidez .....	66
<b>Figura 20.</b> Interacción de acidez por ecotipo y temperatura .....	66
<b>Figura 21.</b> Comportamiento de las medias para saponificación .....	67

<b>Figura 22.</b> Interacción de acidez por ecotipo y temperatura .....	67
<b>Figura 23.</b> Comportamiento de las medias para peróxidos .....	67
<b>Figura 24.</b> Interacción de peróxido por ecotipo y temperatura .....	68
<b>Figura 25.</b> Comportamiento de las medias para antioxidantes .....	68
<b>Figura 26.</b> Interacción de peróxido por ecotipo y temperatura .....	68
<b>Figura 27.</b> Comportamiento de las medias para polifenoles... ..	69
<b>Figura 28.</b> Interacción de peróxido por ecotipo y temperatura.....	69
<b>Figura 29.</b> Comportamiento de las medias para antocianinas.....	69
<b>Figura 30.</b> Cuadro de interacción de antocianinas.....	70
<b>Figura 31.</b> Recepción y pesado de la materia prima.....	71
<b>Figura 32.</b> Lavado y desinfección con solución clorada.....	71
<b>Figura 33.</b> Ablandamiento del aguaje.....	71
<b>Figura 34.</b> Despulpado manual, separa la pulpa + mascarilla de la semilla....	71
<b>Figura 35.</b> Semilla de aguaje libre de pulpa.....	72
<b>Figura 36.</b> Descascarillando en la despulpadora.....	72
<b>Figura 37.</b> Pulpa colocada en la malla.....	72
<b>Figura 38.</b> Pulpa extendida con 0.5 cm de espesor.....	72
<b>Figura 39.</b> Masa fresca en el deshidratador.....	73
<b>Figura 40.</b> Masa seca en el deshidratador.....	73
<b>Figura 41.</b> Masa en la prensa listo para extraer aceite.....	73
<b>Figura 42.</b> Prensa mecánica para la extracción de aceite.....	73
<b>Figura 43.</b> Envasado del aceite de aguaje.....	74
<b>Figura 44.</b> Realizando los análisis químico proximal.....	74
<b>Figura 45.</b> Determinación de densidad.....	74
<b>Figura 46.</b> Aguajes para la caracterización biométrica.....	74

## I. INTRODUCCIÓN

En la Amazonía peruana se encuentran incontables especies con gran potencial para la agroindustria, que han sido poco o nada explotadas, entre ellas destacan la *Mauritia flexuosa L. f. (Arecaceae)*, que es una palmera que habita en las orillas de ríos, arroyos, lagos y manantiales. Ferreira, *et al* (2005). Tiene un fruto elíptico a ovalado, rodeado por una corteza de escamas triangulares de color marrón rojizo, con un mesocarpio delgado, naranja, carnoso y aceitoso, que es considerablemente utilizado en la fabricación de variedades de productos Sampaio & Carazza, (2012).

Vieira *et al.*, (2005) La extracción del aceite de aguaje es conocido por sus propiedades funcionales debido a las altas concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados, en cantidades más altas que los aceites de olivo y nuez brasileña, reconocidos por ser aceites con alto contenido de compuestos bioactivos. Durante el estudio se pudo determinar la temperatura adecuada de deshidratación de la pulpa de los tres ecotipos de aguaje (amarillo, ponguete y shambo), obteniéndose pulpa de aguaje seca para la obtención de aceite en extracción en frío, donde se analizó sus compuestos bioactivos para determinar si existía algunas variaciones al trabajar con dos temperaturas, con estos resultados se desea brindar propuestas de transformación y así poder generar una alternativa agroindustrial, cual permitirá darle un valor agregado y con ello incrementar la economía del productor.

El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo determinar el efecto de la temperatura de deshidratación de la pulpa de tres ecotipos de aguaje (*Mauritia flexuosa L.f.*), en la capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianinas del aceite extraído por presión en frío en la ciudad de Pucallpa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Antecedentes

Koolen *et al.*, (2013) en su trabajo de investigación “Actividades antioxidantes, antimicrobianas y caracterización de compuestos fenólicos de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.)” nos manifiesta que trabajan con hojas de buriti, tronco y extracto de la fruta, donde los resultados obtenidos en los fenólicos totales de los extractos de buriti oscilaron entre 378,07 a 3,12 mg de GAEq/100 g. Los ensayos de la actividad antioxidante en las pruebas DPPH con EC50 en el extracto del buriti es de 19,58 a 0,064 mg/ml revelando la capacidad antioxidante de extractos M. de flexuosa. El análisis del perfil fenólico de M. flexuosa señaló principalmente la presencia de flavonoides glicosilados y antocianinas siendo los picos que se eluyen a 2,21 min (todas las muestras) y 8,17 min (extracto de fruta). Estos resultados indican que las actividades antioxidantes extractos fenólicos del buriti son bastante potentes e implican la presencia de compuestos con una potente actividad de barrido de radicales libres.

Silva, *et al.*, (2019) en su trabajo de investigación estudiaron la “Extracción enzimática acuosa de aceite de Buriti (*Mauritia Flexuosa*): rendimiento y compuestos antioxidantes”, llegando a trabajar con 3 temperaturas ( 45°C, 50°C y 55°C) y un tiempo máximo de 7 horas de extracción siendo el valor más alto de los compuestos fenólicos totales que se determinaron para el aceite de buriti fue de 254 x 5 g de aceite EAG.g-1 a una temperatura de 50°C y un tiempo de 7.63 h, mientras que para la capacidad antioxidante fue de 218,0 a 0,3 mol Trolox.g-1 a una temperatura de 50°C, y un tiempo de 4 h. La extracción acuosa enzimática condujo a buenos resultados de extracción de aceite de buriti, con

rendimientos más altos en comparación con la extracción de prensado, al aumentar la temperatura, el tiempo favoreció el rendimiento del aceite, siendo la variable más significativa el tiempo.

Alves *et al.*, (2020,a) en su estudio de la “Caracterización química y evaluación de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del aceite de pulpa de frutas de *Mauritia flexuosa L. f.*” Se realizó la caracterización de las propiedades fisicoquímicas, dando como resultado acidez  $5.71 \pm 0.01$  mg KOH/g., Índice de saponificación  $210.97 \pm 12.13$  mg KOH/g e índice de refracción  $1.467 \pm 0,00$  nD<sup>20</sup>, siendo la acidez y el índice de saponificación estar dentro de los límites establecidos por la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. La capacidad antioxidante se ha verificado eliminando los radicales libres, reduciendo y quelante al hierro. El aceite presentaba una capacidad moderada para capturar el radical ABTS y reducir el ion de hierro mediante la metodología FRAP, obteniendo valores de  $69,26 \pm 1,04$  Trolox/g y  $24,37 \pm 0,75$  m Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/g, respectivamente, dando como resultados el potencial de la especie como antioxidante y en terapia antimicrobiana.

Abreu *et al.*, (2020) en su tesis “Compuestos bioactivos, perfil fenólico, capacidad antioxidante y eficacia contra la peroxidación lipídica de las membranas celular de *Mauritia flexuosa L.f.* de el extracto de frutas de tres biomasas en la Amazonia ecuatoriana”. Se analizaron extractos de tres niveles de altitud en zona baja 273 msnm, zona media 639 msnm y zona alta 1155 msnm, con una temperatura promedio anual mínima de 18°C y máxima de 32.1°C. Contenido de capacidad antioxidante para los tres tipos de extractos: (ME) extracto metanólico, (FP) polifenoles libres y (BP) polifenoles unidos obtenidos de *M. flexuosa L.* de la pulpa muestran tendencia similares para los

tres extractos, los resultados más altos fueron de la zona media para extracto metanólico 18.03  $\mu\text{mol TE/g}$  y polifenoles unidos o totales con 6.05  $\mu\text{mol TE/g}$ , mientras que para el contenido de polifenoles libres la zona alta es la que cuenta con mayor contenido con 1.63  $\mu\text{mol TE/g}$ .

## **2.2. Generalidades del aguaje**

### **2.2.1. Descripción botánica**

*Mauritia flexuosa*, es una especie de palmera distribuida a lo largo del norte de Sudamérica, oriente de los Andes, dónde forma a menudo grandes asociaciones en tierras ácidas y anegadas. Encontrándose en los países de Bolivia, Norte de Brasil, Noreste de Brasil, Sudeste de Brasil, Brasil centro-oeste, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Surinam, Trinidad-Tobago y Venezuela.

Mientras que en el Perú esta especie nativa amazónica, originarias de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali, se calcula que hay unos 3 millones de hectáreas de aguajales. El uso principal del fruto es la alimentación directa en la dieta humana. El consumo tradicional del aguaje, también se obtiene harinas y aceites.

### **2.2.2. Clasificación taxonómica**

Reino	: Plantae
Filo	: Tracheophyta
Clase	: Liliopsida
División	: Magnoliophyta
Orden	: Arecales Bromhead
Familia	: Arecaceae Bercht. y J. Presl
Género	: Mauritia

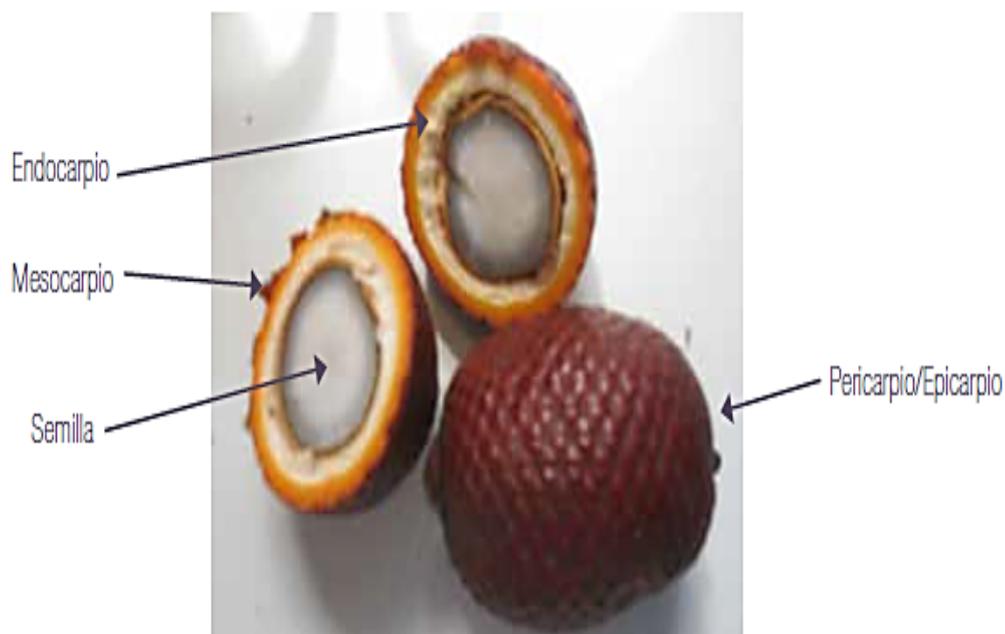
Especie : Flexuosa

Nombre científico : *Mauritia flexuosa* L.f.

Nombres científicos alternativos (sinónimos) son reportados para denominar a esta especie, los cuales son, *Mauritia flexuosa* var. *venezuelana* Steyerem., *Mauritia minor* Burret, *Mauritia sagus* Schult. & Schult.f., *Mauritia setigera* Griseb. & H.Wendl., *Mauritia sphaerocarpa* Burret, *Mauritia vinifera* Mart., y *Saguerus americanus* H.Wendl.

### 2.2.3. Fruto

Es una drupa ovoide de 4 a 5 cm de largo. El epicarpio (cascara) es escamoso, de color marrón oscuro, que encierra un mesocarpio de color anaranjado o rojizo (pulpa, la única parte comestible) de sabor agridulce, de 4 a 6mm de espesor. El endocarpio es una película fina de color blanco.



**Figura 1.** Partes del fruto de *Mauritia flexuosa* "aguaje"

**Fuente:** Carrillo *et al.*, (2017)

**Cuadro N°01.** Composición macroscópica del fruto de moriche (*Mauritia flexuosa*)

Parte del Fruto	Composición (%)
Epicarpio	23,7
Mesocarpio	23,2
Endocarpio	15,9
Semilla	37,2
Peso total	100,0

Fuente: Carrillo et. al, (2017)

#### 2.2.4. Variedades o cultivares

Castillo, (2006) nos menciona que existen variedades fenotípicamente diferentes, tanto en la planta como en la fruta, estas se pueden diferenciar en tres ecotipos de fruta que en general mayormente se logran diferenciar por el color: El aguaje colorado o ponguete se logra diferenciar cuando la parte externa del mesocarpio es de color rojo y el resto es amarillo, posheco o amarillo, cuando todo el mesocarpio es de color amarillo, mientras que el aguaje shambo se identifica cuando todo el mesocarpio es de color rojo y el shambo azul, que en realidad solo son frutos pintones del shambo.

##### a) Shambo

Codesu, (2001) en su trabajo de investigación nos comenta que el aguaje tiene la masa o también conocido como pulpa de coloración anaranjada rojiza, y su consumo en su mayoría es forma directa como fruta, debido a su coloración tiene mayor aceptación para su consumo. Este ecotipo no se recomienda para preparar refrescos, chupetes, etc., debido a que toma una coloración negruzca.

El aguaje shambo tiene un alto precio en el mercado por las características organolépticas que presenta, las cuales se mencionan a continuación:

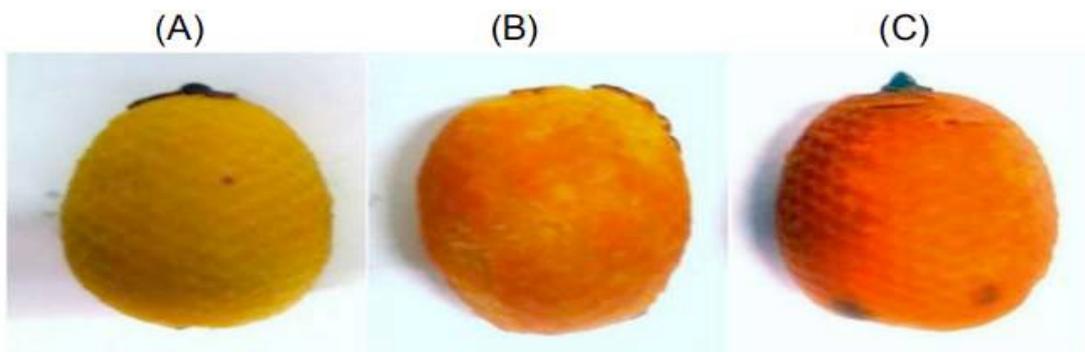
- Generalmente el fruto es alargado
- El tamaño del fruto es variable (grande y pequeña)
- Color de pulpa rojiza
- Anaranjada más dulce y sabrosa
- La pulpa tiene menos fibra y es más aceitoso

**b) Amarillo**

Esta variedad de aguaje tiene la pulpa de color amarillo. Este aguaje tiene de regular a buena aceptación en el consumo directo, debido a su sabor ácido en algunos casos, peculiar color y diferentes tamaños y formas, pero es preferido en la elaboración de la “masa de aguaje” para la preparación de chupetes, helados, refresco, etc.

**c) Ponguete**

Este aguaje es sinónimo de amarillo pálido. Tiene una pulpa de sabor ácido y delgada, generalmente es arenosa. Es utilizado para chupetes, “masa de aguaje”; no es muy apetecible para el consumo humano directo.



**Figura 2.** Diferenciación del color de pulpa del fruto maduro de los morfotipo amarillo (A), ponguete (B) y shambo (C)

### 2.2.5. Rendimiento del fruto

Es una drupa suave de color rojo vino o rojo oscuro, el epicarpio y la pulpa son de color amarillo. Esta última representa sólo el 12 o 13% del peso seco del fruto. Diámetro de 3 cm a 4 cm, peso de 54 g a 58 g por fruto.

**Cuadro N°02.** Características físicas de los frutos de aguaje

Características físicas	Amarillo	Ponguete	Shambo
Longitud fruto (cm)	6.46 ± 0.15	5.45 ± 0.18	6.45 ± 0.19
Diámetros del fruto (cm)	3.68 ± 0.10	3.85 ± 0.03	3.75 ± 0.10
Peso del fruto (g)	58.75 ± 4.93	54.59 ± 2.38	57.11 ± 9.18
Peso de la cascara (g)	12.22 ± 1.56	9.20 ± 0.13	14.44 ± 1.78
Peso de mesocarpio (g)	16.36 ± 0.93	14.50 ± 0.08	18.97 ± 0.28
Peso del bagazo (g)	5.11 ± 1.17	4.64 ± 0.29	4.86 ± 0.57
Peso de la semilla (g)	23.27 ± 1.77	24.0 ± 0.87	24.69 ± 1.87
Longitud de la semilla (cm)	4.34 ± 0.09	3.56 ± 0.22	4.48 ± 0.15
Diámetro de la semilla (cm)	2.60 ± 0.04	2.70 ± 0.05	2.65 ± 0.12

Fuente: Vásquez, *et al.*, (2009)

### 2.3. Deshidratación

Ulloa, (2012) La deshidratación o secado puede describirse como un método de conservación industrial que se utiliza para reducir el contenido o actividad de agua de los alimentos por contacto con aire caliente, con la finalidad de minimizar su deterioro bioquímico, químico o microbiológico. Aunque el principal objetivo de la deshidratación o secado de los productos alimenticios es la reducción de su contenido de humedad a un nivel que permita su conservación segura durante largos periodos de almacenamiento.

Fito *et al.*, (2001) En su mayoría los productos agroalimentarios son sólidos por lo que se define mejor el secado como la operación básica por la que el agua que contiene un sólido o una disolución (generalmente concentrada) se transfiere a la fase fluida que lo rodea debido a los gradientes de actividad de agua ( $a_w$ ) entre ambas fases.

En todos los métodos de deshidratación, el alimento a secar se debe poner en contacto con un medio, que con frecuencia es el aire, para separar la humedad del producto y sus alrededores. Gómez, (2009).

### **2.3.1. Factores de secado**

El proceso de deshidratación y el tiempo necesario para realizarse tiene que ver con la capacidad para transportar la humedad tanto dentro del alimento como desde el interior hacia el exterior. Esta capacidad está determinada por la resistencia interna del tejido del alimento al movimiento del agua y por la resistencia externa que se presenta entre la superficie sólida del alimento y el fluido deshidratante, que en nuestro caso es el aire.

La principal variable que interviene en la velocidad del movimiento del agua dentro del alimento es la temperatura. Conforme se incrementa la temperatura el movimiento aumenta y la deshidratación se acelera, pero si se rebasa un cierto límite, que depende de cada producto, los atributos del alimento pueden cambiar de forma significativa. Muratore, *et al.*, (2008).

Auncancela y Chavez, (2009,a) nos comenta los siguiente:

#### **a) Temperatura del aire caliente**

En el secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso. Existen diversos niveles de temperatura que se mantienen durante el proceso técnico de

secado. Durante el proceso de secado, se origina una gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.

**b) Humedad relativa del aire**

La humedad del aire se define como la razón presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa.

**c) Presión estática y flujo del aire**

Dalpasquale *et al.*, (1991). Nos comenta que la pérdida de un flujo de aire a través de una capa de granos conocida generalmente como resistencia al flujo de aire y denominada presión estática, influye en este flujo y, en consecuencia, en la tasa de secado. Para determinado tamaño de ventilador, cuanto mayor sea el espesor de la capa de granos y menor la cantidad de impurezas en ella, mayor será el flujo de aire y también mayor la tasa de secado. Esto, porque el menor espesor de la capa y la menor cantidad de impurezas significan menos resistencia al paso del aire a través de los granos.

**d) Velocidad del aire**

Auncancela y Chávez, (2009,b) en su investigación nos dice que los principales, en primer lugar, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, y, en segundo lugar, transportar la humedad saliente del material.

Sin embargo, para Rodríguez *et al.*, (2006) no podemos excedernos con la velocidad del aire porque se reflejaría en la calidad del producto final. Cada tipo de grano (maíz, soya, arroz, etc.) tiene una velocidad

de extracción de agua por hora para no sufrir deterioro. Si nosotros sobrepasamos ese valor cuando lo secamos artificialmente, no podremos mantener su calidad.

### **2.3.2. Métodos de deshidratación**

#### **a) Natural.**

Está en colocar los alimentos en recipientes con amplia superficie de evaporación. Esta técnica sólo puede llevarse a cabo en regiones muy favorecidas por el clima, porque se necesita un gran espacio al aire libre y se puede ver afectada por elementos como el polvo, la lluvia y plagas.

#### **b) Artificial.**

Los alimentos se colocan en secadores mecánicos (existen diferentes tipos) a base de aire caliente, como hornos de gas, de microondas y liofilización que controlan las condiciones climáticas y sanitarias, logrando obtener productos de buena calidad, higiénicos y libres de sustancias tóxicas. Entre estos equipos o cámaras los hay de distintas formas.

- Secador de tambor
- Cámaras de secado
- Secador continuo al vacío
- Secador de bandas continuas
- Liofilizador
- Por aspersion
- Secador de cabina
- Horno
- Secador de túnel

### **2.3.3. Deshidratación en bandejas**

Según Tinco y Magallanes, (2008) el secador de bandejas, o secador de anaqueles, es un gabinete grande donde se coloca los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. Por lo general, el aire es calentado por vapor, donde se pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficaz. En este caso, cuando el aire se calienta con vapor, debe tomarse en cuenta varios aspectos, si nos situamos en la carta psicométrica, el aire a utilizar debe poseer una temperatura de bulbo húmedo alta, una entalpía alta, pero una humedad relativamente mínima. Puesto, que la operación de deshidratación, como cualquier otra operación de transferencia de calor, depende del tiempo de contacto interfacial (el cual no varía notablemente en este tipo de secador debido a la variación de la velocidad del aire), el área de contacto interfacial (que para nuestro caso requerimos que sean sólidos en terrones, o granos, para aumentar esta relación), el gradiente de temperatura, humedad y la resistencia. Usualmente, en este tipo de secadores, las variables que pueden fijarse o variarse son los gradientes, teniendo importancia que el aire no entre la humedad ni el frío, puesto que esto minimiza el gradiente y elimina la eficiencia del secador.

## **2.4. Aceite crudo**

### **2.4.1. Definición**

Para Cabrera y Cuellar, (2009) la química divide a los aceites en dos clases: los aceites volátiles o esenciales y los aceites fijos objetivo de la investigación. Los aceites fijos y grasas son mezclas de ésteres de glicéridos, de los llamados ácidos grasos superiores, es decir ácidos alifáticos de alto contenido molecular, en especial palmítico, esteárico y oleico.

Los métodos de extracción mecánica y empleando solventes, son las dos tecnologías más usuales empleadas para la extracción de aceites y grasas tanto de origen animal como vegetal.

Según Reyes *et al.*, (2019) la extracción mecánica de aceite y/o grasas puede realizarse en frío o en caliente, estas se pueden realizar en forma continua o discontinua. Por otra parte, la extracción empleando solventes orgánicos puede ser realizado en diversas condiciones de temperatura de acuerdo con el solvente orgánico. Diversos estudios han demostrado que la extracción con solventes orgánicos es más eficiente para extraer aceites vegetales en comparación a la extracción mecánica, pero siendo esta un proceso más caro y que toma mucho más tiempo que el método mecánico, en ambos métodos los parámetros de temperatura y tamaño de partícula juegan un papel importante en el rendimiento de extracción.

#### **2.4.2. Factores que influyen en el proceso extracción**

##### **a) Tamaño de la masa.**

El tamaño de la masa facilita al momento del deshidratado facilita la extracción de un constituyente deseado contenido en una estructura compuesta. Por ello, para obtener una buena difusión del soluto en el prensado es necesario determinar el grado de molienda o fineza del producto. Es así como, cuanto más mínimas son las partículas, mayor es el área interfacial entre el líquido y el sólido. Sin embargo, tamaños de partícula demasiado finos dificultan la extracción debido a que en algunos casos se impide la libre circulación del líquido, la separación del líquido, y el drenaje del sólido residual resulta más difícil, considerando también que en algunas ocasiones la ruptura de las células deja en libertad materiales indeseables.

**b) Temperatura de extracción**

Una temperatura mayor facilita extracción, el pasaje de agua a través de las membranas semipermeables de las células vegetales. La temperatura debe ser lo suficientemente alta de manera que permita la buena solubilidad del pigmento, sin llegar al extremo de solubilizarlo o hidrolizarlo, ya que, como diversos estudios sobre la estabilidad de antocianinas evidencian, son fácilmente degradadas a temperaturas altas a los 65 °C.

**c) Tiempo de extracción**

El tiempo de extracción está en función inversa a los factores de temperatura y presión. Generalmente se emplea un tiempo suficiente que permita lograr un buen deshidratado del producto ya que esto permitirá la separación del sólido.

**2.4.3. Extracción de aceite por prensado en frío**

Codex Alimentarius, (2015). Este tipo de extracción se realiza exclusivamente por un proceso mecánico y sin adición de calor, además se puede emplear un lavado, sedimentado, filtrado y centrifugado, pero sin alterar las características propias del aceite.

El proceso consiste en aplicar una fuerza externa que origina cambios a nivel microscópico (celular) como macroscópico, que comprime y reacomoda a las partículas en conjunto. Esto hace que las paredes celulares se destruyan, produciendo que el aceite exude al exterior debido a la presión generada y a la reducción del espacio físico disponible. Martínez, (2015) Aunque los rendimientos resultan ser menores que la extracción por solvente es idónea para elementos que tienen gran cantidad de aceite. No es necesario instalaciones muy costosas, involucra procesos seguros y minimiza el impacto

ambiental. La diferencia entre la prensa de tornillo y prensa hidráulica es que la primera es por extracción continua.

Según Garcés, (2018) sostiene que una pequeña parte de los aceites apreciados se consigue solo por extracción. Los aceites de los frutos oleaginosos, extraídos sin aplicar calor por prensado en frío, tienen un elevado valor por su calidad. El aceite al ser extraído por prensado en frío mantiene sus características naturales, son de elevada calidad, saludables y de valiosas propiedades nutricionales para el organismo y por ende se recomienda ingerirlo en forma cruda.

## **2.5. Capacidad antioxidante**

La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, terminan estas reacciones quitando intermediarios del radical libre e inhibiendo otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos, por ello se los conoce como agentes reductores. Sies, (1997). Pueden ser de origen natural o sintético, debido a que algunos de los antioxidantes sintéticos, son altamente inestables bajo las condiciones de trabajo y en ciertos casos ocasionan efectos adversos sobre la salud de animales de experimentación, los investigadores han intentado encontrar sustancias más estables, eficaces, versátiles y/o menos tóxicas. Para cumplir con este objetivo, se han obtenido diferentes tipos de compuestos a partir de rutas sintéticas o fuentes naturales. Así, por ejemplo, entre los compuestos de origen natural se

encuentran: carotenoides, vitaminas C y E, tocoferoles, tocotrienoles, flavonoides y licopenos, entre otros. Pokorny, *et al.*, (2001)

### **2.5.1. Factores que influyen en la degradación de antioxidantes**

#### **a) Estructura y pH**

Los grupos hidroxilo, metoxilo, glucósidos y acilos de las antocianinas son susceptibles a modificaciones estructurales por cambios de pH, lo que afecta su estabilidad. Rodriguez-Saona & Wrolstad, (2001).

La velocidad de degradación presenta amplias variaciones entre las antocianinas según su estructura, estas pueden encontrarse en diferentes formas químicas dependiendo del pH. A un pH de 1 hay predominancia del catión flavilio que presenta color rojo y es la más estable de las antocianinas; a valores de pH de entre 2 y 4 ocurre la pérdida adición de agua y de un protón, encontrándose las antocianinas preferentemente bajo las formas quinoidales de color azul; a pH de entre 5 y 6 se aprecian las especies pseudobase carbinol y chalconas, que son incoloras y de tonalidad amarilla respectivamente, siendo ambas muy inestables. Por otro lado, cuando el pH se encuentra por encima de 7 la antocianina se degrada rápidamente por oxidación con el aire.

La extracción de antocianinas en frutas en el rango de pH de 1.0 a 13.0 y obtuvo una mejor extracción al valor más bajo de pH.

#### **b) Temperatura**

Es otro de los factores críticos que influyen en la degradación de antocianinas. Su & Chien, (2007) los cambios estructurales en las antocianinas se dan por reacciones endotérmicas. Tienen resistencia a procesos

térmicos a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo; sin embargo, se degradan a temperaturas por encima de los 60°C.

Por lo tanto, temperaturas más elevadas provocan un efecto adverso sobre la estructura de las antocianinas, especialmente durante un tratamiento térmico o durante el almacenamiento. Sin embargo, durante la etapa de extracción de determinados productos, se obtienen mejores rendimientos a temperaturas altas Zapata, C.; Cardona, M. (2014)

#### **c) Oxígeno**

Las antocianinas se oxidan por reacción directa con oxígeno o de manera indirecta al reaccionar con compuestos que han sido oxidados previamente, resultando en la formación de productos amarronados o incoloros. Adicionalmente, pueden reaccionar con radicales de oxígeno cumpliendo la función de antioxidantes, reacción que se ve favorecida con los aumentos de temperatura. Rein, (2005)

#### **d) Luz**

Es un factor que acelera la degradación de las antocianinas. Se ha observado que la sustitución del grupo hidroxilo en el C-5 hace que la antocianina sea más susceptible a la fotodegradación cuando ésta se presenta con flavonas polihidroxiladas, isoflavonas y auronas sulfonadas. Zapata, C.; Cardona, M. (2014). Por lo tanto, es importante proteger de la luz a los productos ricos en antocianinas.

### **2.6. Polifenoles totales**

Frankel, (1995), son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas y caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son

ésteres de ácido gálico de glucósa y otros azúcares; fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados. los polifenoles que consumimos a través de nuestra dieta diaria en los alimentos y bebidas como las frutas, verduras y vino, se absorben en nuestro organismo apareciendo en la sangre y en los tejidos. Simultáneamente, asociado a su consumo se detecta un aumento de la capacidad antioxidante en la sangre, lo que sustenta la acción antioxidante de los polifenoles *in vivo*.

Villanueva, (2003). Son metabolitos secundarios de las plantas, constituyen un amplio grupo de sustancias químicas de numerosas especies de plantas. Su función en las plantas es el de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción, y como agentes protectores frente al ataque de agentes patógenos, incluyendo bacterias, fungí y virus. En la actualidad, se ha encontrado más de 8,000 compuestos diferentes reportándose que los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas.

## **2.7. Antocianinas**

Según Fennema, (1996,a) la antocianina es un compuesto fenólico perteneciente a la subcategoría de los flavonoides. Este pigmento se encuentra altamente distribuido en la naturaleza, confiriéndole a los vegetales una amplia gama de colores que van desde el azul, púrpura, violeta, magenta y rojo, hasta el amarillo.

Poseen una estructura adecuada que les permite actuar como antioxidantes, contando con la capacidad de donar hidrógenos o electrones a los

radicales libres, debido a que la carga negativa resultante de dicha pérdida puede deslocalizarse en la estructura aromática

Fennema, (1996,b) Nos comenta que la estructura de las antocianinas son glucósidos de antocianinas pertenecientes al grupo de los compuestos fenólicos conocidos como flavonoides por su característico esqueleto carbonado  $C_6C_3C_6$ , el color de cada compuesto depende de la presencia y número de restos unidos a dicha estructura. Wong, (1995) agrega que constan de una estructura básica de sal flavilio conocida en la química orgánica como 2-fenilbenzopirilo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODO.**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El cumplimiento del trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Ucayali ubicado con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) 18L 546463 9072264, al margen de la Carretera Federico Basadre Km 6,200. La extracción de aceite de aguaje se realizó en el Centro de capacitación, formación y elaboración de plantas medicinales y alimenticias de la Facultad de Ciencias agropecuarias donde se encuentra ubicado el Taller de tecnología de Aceites y grasas, mientras que los análisis de físico químico se realizaron en el laboratorio especializado de Frutas y hortalizas de la Escuela profesional de ingeniería agroindustrial y la determinación de antioxidantes, polifenoles totales y determinación de antocianinas se mandaron a realizar en el laboratorio de la Universidad Cayetano Heredia.

#### **3.2. Materia prima**

Los ecotipos Ponguete, amarillo y shambo del aguaje (*Mauritia flexuosa*) fueron recolectados de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad siendo adquirido en los siguientes lugares.

##### **3.2.1. Shambo**

El ecotipo shambo se adquirió en el centro poblado “El boquerón” km 147 de la C.F.B distrito de Aguaytía, caserío shambillo margen derecha interior 6 km. con las coordenadas de la palmera UTM 18L 432988 9003923.

##### **3.2.2. Ponguete**

El ecotipo Ponguete se adquirió en el centro poblado “El pimental” provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo verde km 34, entrando al margen

izquierdo km 5. De la carretera a Tournavista, con coordenadas de la palmera UTM 18L 521402 9056202.

### **3.2.3. Amarillo**

El ecotipo amarillo se adquirió en el centro poblado “Santa Rosa” provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo verde km 47, entrando al margen derecho km 4.600. de la carretera Federico Basadre, con coordenadas de la palmera UTM 18L 511890 9061599.

## **3.3. Materiales y equipos**

### **3.3.1. Reactivos**

Agua destilada, hexano, HCl (0.1N, 1N; 0.05N), NaOH (1N, 0.1N), Etanol (60%), hidróxido de sodio 0.1 N, fenolftaleína, ácido clorhídrico 0.1 N

### **3.3.2. Materiales**

Bureta (25 mL), varilla de vidrio, tubos de ensayo, pipetas (10mL), cápsulas de porcelana, espátula, pinzas, magnetos, vasos, precipitados (50 mL, 100 mL, 250mL, 600 ml), pizeta, probeta graduada (25 MI, 50 mL, 100 mL, 250 mL), fiola (250mL), termómetro, embudos Buchner, matraz de Erlenmeyer (250 mL), gradillas para tubo de ensayo, escobillas para tubo de ensayo, papel filtro, Parafilm, papel kfrat, soporte universal, Balde de plástico, frascos de 240 ml color ámbar, accesorios de laboratorio (mandil, cofia, mascarilla y guantes).

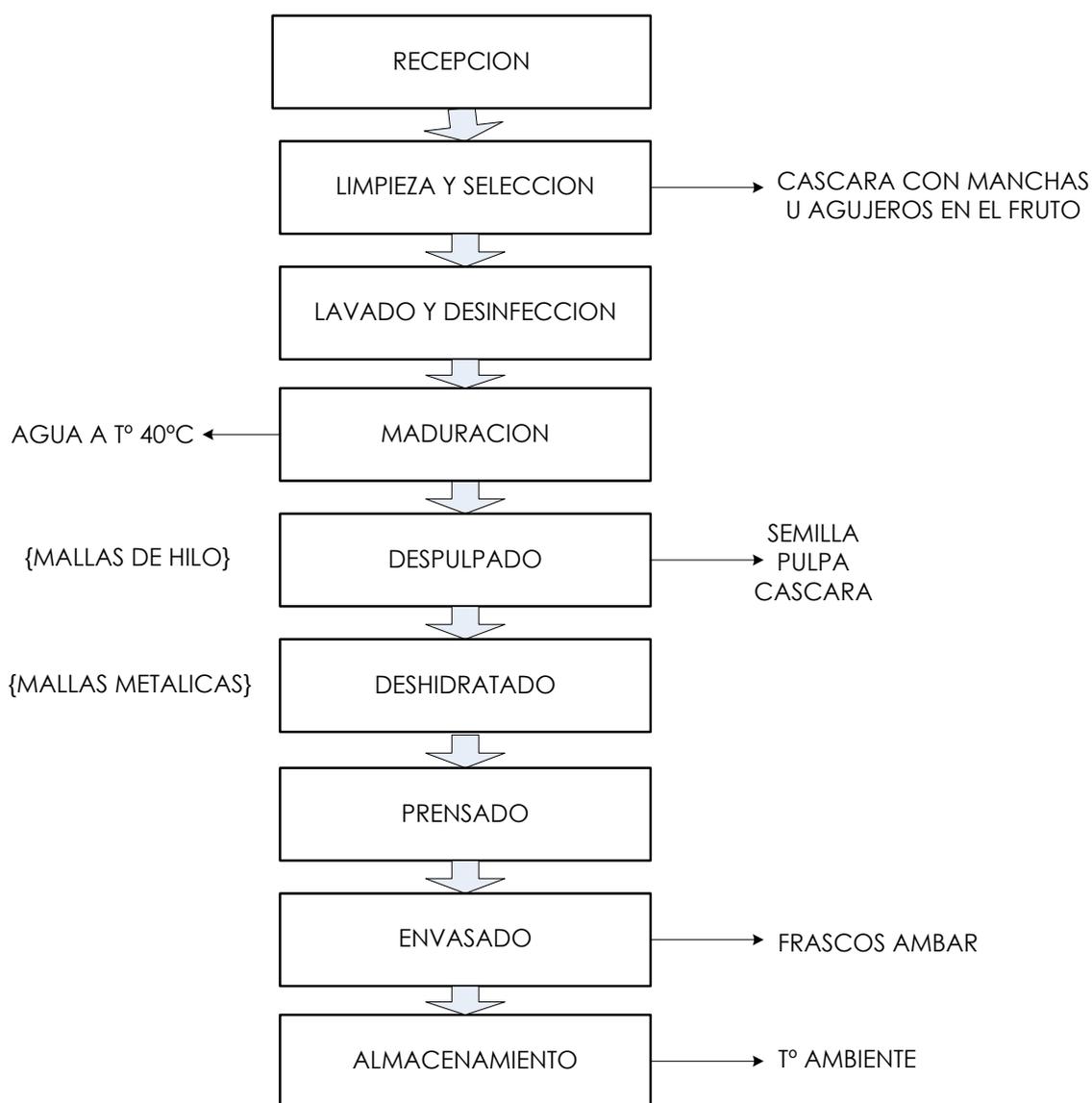
### **3.3.3. Equipos e instrumentos**

Secador de bandejas en aire caliente con un controlador de temperatura XMTG-608 y un flujo de aire provisto de un motor KAILI de 220 V de 0.5 HP y 3450 rpm, balanza gramera (GUERSA 30 Kg), balanza digital (ohaus, scout pro 2000 g), balanza digital (sartorius 3100 g), pipeta de 1000 – 5000  $\mu$ L (Dragon LAB), homogenizador (Maxi Mix II), estufa eléctrica marca

Fisher, molino de mesa tipo helicoidal marca Corona, Centrifuga, pH-metro, cocina eléctrica marca Miray, campana desecadora agitador magnético marca VELP y CAT, agitador Vortex, equipo soxhlet, mufla eléctrica, prensa hidráulica.

### 3.4. Metodología experimental

#### 3.4.1. Diagrama de bloques para extracción de aceite de aguaje



**Figura 3.** Flujograma de extracción de aceite

#### 3.4.2. Proceso de extracción de aceite

##### a) Recepción

El aguaje fue adquirido de 3 lugares diferentes de la región Ucayali, en sacos de aproximadamente 50 kg de cada ecotipo, dicha muestra fue trasladado al centro de capacitación, formación y elaboración de plantas medicinales y alimenticias de la Universidad nacional de Ucayali.

**b) Limpieza y selección**

Se evaluó el estado del aguaje, descartando los frutos que afecten a la calidad del proceso, entre ellos frutos con agujeros que fueron provocados por plagas y las partículas extrañas, esta operación se realizó de manera manual colocando los frutos seleccionados en bandejas limpias; luego se realizó el pesado de los frutos de aguaje utilizando una balanza digital de plataforma de 100 kg y se procedió a registrar la cantidad inicial de materia prima.

**c) Lavado y desinfección**

Se realizó el lavado de los frutos con agua potable en bandejas de 10 litros, removiendo suavemente mediante circulación continua, este proceso se realizó tres veces hasta obtener agua libre de tierra y otra partícula extraña, después se procedió a desinfectarlos con lejía (hipoclorito de sodio al 4.63%) a 20 ppm durante 10 minutos, cumplido el tiempo se pasó a enjuagar el fruto eliminando todo residuo de hipoclorito de sodio.

**d) Maduración**

En esta operación los frutos del aguaje se acondicionaron bajo una inmersión en agua a 40°C durante 6 horas, con la finalidad de producir la maduración forzada del aguaje, pasado las 6 horas se realizó a comprobar si la coronilla del fruto se desprende con facilidad, dicho desprendimiento es indicativo de que el aguaje se encuentra maduro.

**e) Despulpado**

Consistió en separar manualmente la semilla de la pulpa sobre una malla de hilo nylon grueso de pesca con orificio de 1 cm x 1 cm donde se obtuvo la masa de aguaje con cascara en un recipiente de acero inoxidable.

Para obtener pura pulpa de aguaje se realizó con la despulpadora semi industrial de 1 hp con malla de acero inoxidable de 1 mm de diámetro, colocando la masa (pulpa + cáscara) para su separación de la cascarilla, luego se realizó el refinado de la masa en una malla de acero inoxidable de 0.5 mm de diámetro obteniendo como resultado pura pulpa de aguaje. Se pesaron la pulpa de aguaje, las cascarillas y las semillas obtenidas, para conocer el rendimiento de las muestras.

**f) Deshidratado**

Se colocaron las pulpas de aguaje en bandejas metálica del deshidratador, extendiendo la masa sobre toda bandeja de tal forma que conserven más superficie de contacto para una mejor deshidratación, la operación se realizó 0.5 kg de masa de aguaje con 0.5 cm de espesor para todos los ecotipos con temperaturas de secado de 50°C y 60°C respectivamente con tiempo de 10 a 12 h, hasta conseguir una humedad del 10%.

**g) Prensado**

Se empleó el prensado en frio, donde la pulpa deshidratada fue colocada en el cilindro embolo de la prensa hidráulica de 32 Tn y de forma manual se procedió a extraer el aceite que se colocó en vaso de precipitado con la finalidad de registrar el rendimiento del aceite.

**h) Envasado**

El aceite extraído fue filtrado en un colador metálico para eliminar impurezas para luego envasar en botellas de vidrio color ámbar debidamente rotulado.

#### **i) Almacenamiento**

El aceite de aguaje se almacenó en un espacio oscuro a temperatura ambiente para reducir su oxidación y conservar su calidad.

#### **3.4.3. Caracterización física química**

Para la determinación de los análisis químicos proximales se utilizó el método A.O.A.C. (2008), esto se realizó a las dos temperaturas (T1= 50°C y T2 = 60°C)

#### **3.4.4. Determinación de la capacidad antioxidante**

La determinación de capacidad antioxidante se realizó por el Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) Inhibición del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH<sup>o</sup>), descrito por Brand *et al.*, (1995).

#### **3.4.5. Determinación de polifenoles totales**

La determinación de polifenoles totales se realizó por el método espectrofotométrico desarrollado por Folin Ciocalteu reportado por Sultana *et al.*, (2009), con algunas modificaciones.

#### **3.4.6. Determinación de antocianinas**

La cuantificación de antocianinas se realizó por el método del pH diferencial reportado por Viera *et al.*, (2005).

### **3.5. Diseño estadístico de la investigación**

#### **3.5.1. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 3x2 con 3 repeticiones. Luego se procedió mediante análisis

paramétrico: Análisis de varianza y la prueba de comparación medias múltiples de Tukey.

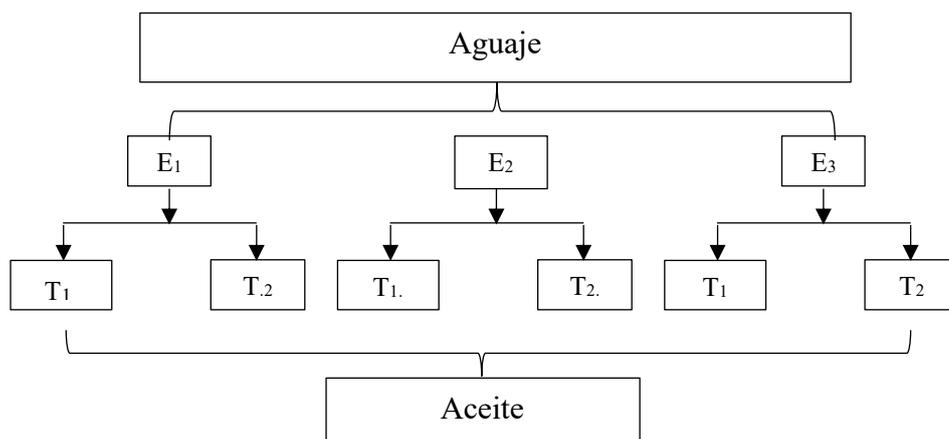
**a) Factor y niveles.**

El planteamiento del factor de estudio y sus diferentes niveles se encuentran en el cuadro N°03

**Cuadro N°03.** Factor de estudio y sus diferentes niveles

Factor	Temperatura	Ecotipos
Aceite de aguaje	50 °C	Shambo
		Ponguete
		Amarillo
	60 °C	Shambo
		Ponguete
		Amarillo

**b) Esquema experimental**



**Figura 4.** Factor y nivel de experimento

$E_1$  = Ecotipo 1 (Shambo)

$E_2$  = Ecotipo 2 (Ponguete)

$E_3$  = Ecotipo 3 (Amarillo)

$T_1$  = 50 °C,

$T_2$  = 60 °C.

### 3.6. Modelo estadístico

#### 3.6.1. Evaluación de las características químico proximal

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + M_j + (P \times M)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Observación (característica fisicoquímica).

$M$  = Media general de la población.

$P_j$  = Efecto de los ecotipos de aguaje.

$M_j$  = Efecto del acondicionamiento de pulpa (temperatura de

deshidratación 50°C y 60°C).

$(P \times M)_{ij}$  = Efecto de la interacción de las zonas con el tiempo de recolección.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### 3.7. Análisis de datos

#### 3.7.1. Análisis estadístico

Se aplicó un diseño con arreglo Factorial de 3 x 2 con tres repeticiones con análisis paramétricos de varianza y mientras que, para las características de los análisis fisicoquímicos, el contenido de antocianinas, el

contenido de polifenoles totales y contenido de antocianinas se utilizó la prueba de tukey, los resultados fueron tratados estadísticamente mediante el software estadístico STATGRAPHIC 18, Microsoft Excel y Microsoft Word para los gráficos de los datos. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de  $p \leq 0.05$ .

### **3.7.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

La investigación es de tipo experimental aplicada, las cuales son evaluadas por dos factores y el comportamiento de cada una de las variables durante el proceso de extracción de aceite de aguaje a través de indicadores mediante el análisis fisicoquímico (densidad, humedad, acidez, saponificación, índice de peróxido), contenido de antioxidante, contenido de polifenoles totales y contenido de antocianinas

### **3.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **a) Población**

Las muestras se recogieron de tres lugares distintos de la ciudad de Pucallpa.

- Aguaje Shambo: Centro poblado “El boquerón” km 147 de la C.F.B distrito de Aguaytía.
- Aguaje Ponguete: Centro poblado “El pimental” provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo verde km 34.
- Aguaje amarillo Centro poblado “Santa Rosa” provincia de Coronel Portillo, Distrito de Campo verde km 47.

#### **b) La muestra**

Se utilizo un promedio 10 kg de frutos de aguaje de acuerdo al ecotipo (shambo, ponguete y amarillo) para cada unidad experimental, teniendo 2.500 kg aproximadamente de pulpa deshidratada, donde se obtuvo 650 ml de aceite en promedio para posteriormente realizar los análisis respectivos.

### **3.8. Variables independientes y dependientes**

#### **3.8.1. Variables independientes**

Factor 1= Temperatura de deshidratado

Factor 2= Ecotipo de aguaje

##### **a) Temperatura de 50 °C.**

$T_1$  = Aguaje shambo deshidratado a 50°C

$T_2$  = Aguaje amarillo deshidratado a 50°C

$T_3$  = Aguaje Ponguete deshidratado a 50°C

##### **b) Temperatura de 60 °C**

$T_a$  = Aguaje shambo deshidratado a 60°C

$T_b$  = Aguaje amarillo deshidratado a 60°C

$T_c$  = Aguaje Ponguete deshidratado a 60°C

#### **3.8.2. Variables dependientes**

##### **a) Análisis fisicoquímico del aceite de aguaje (*Mauritia***

*flexuosa*)

- Acidez
- Densidad
- Humedad
- Saponificación
- Peróxido
- Índice de refracción

**b)** Determinación de Polifenoles totales del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.).

**c)** Determinación de Contenido de antocianinas del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.).

**d)** Determinación de la Capacidad antioxidante del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.).

### **3.9. Descripción de instrumentos y técnicas de recolección de datos**

Se manejó la técnica de recopilación de datos de fuente secundaria como libros, informes y otros documentos que son indispensables como fuente de datos de toda investigación actual.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron: datos de análisis fisicoquímico, contenido de antioxidantes, contenido de polifenoles y contenido de antocianinas.

## **IV. RESULTADOS**

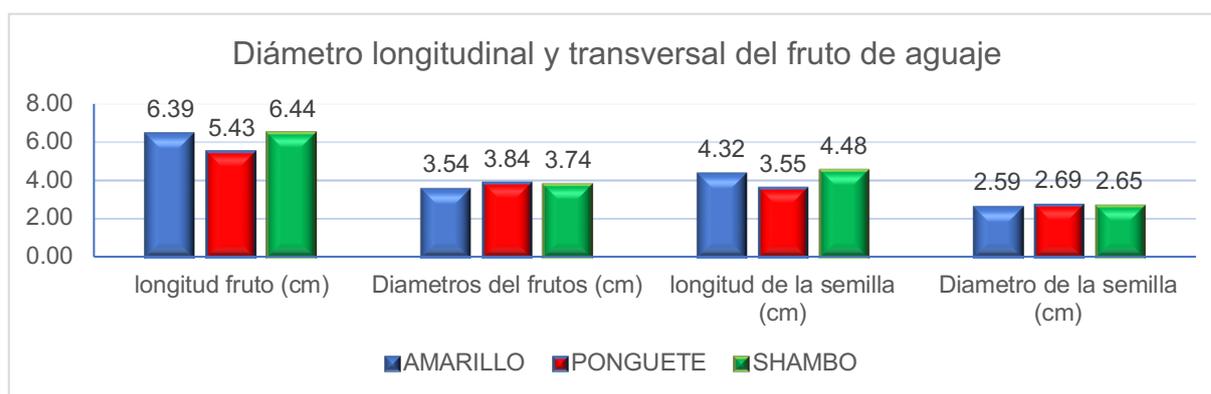
### **4.1. Características biométricas de los tres ecotipos de aguaje**

#### **4.1.1. Diámetro longitudinal y transversal del aguaje**

Se evaluó las características físicas de 20 unidades de aguaje para cada uno de los 3 ecotipos teniendo como resultado que el ecotipo shambo es el aguaje con una longitud superior con un valor de 6,44 cm, mientras que para el diámetro del fruto es el aguaje ponguete superior con una medida de 3,84 cm, dentro de sus características físicas el aguaje shambo cuenta con una semilla de tamaño superior a los diferentes ecotipos, con una medida de 4,48 cm para la longitud de la semilla y 2,65 cm para el diámetro de su semilla del aguaje ponguete.

**Cuadro N°04.** Diámetro longitudinal y transversal del fruto de aguaje

Diámetro Longitudinal y Transversal			
Característica física	Amarillo	Ponguete	Shambo
Longitud fruto (cm)	6,39	5,43	6,44
Diámetros del fruto (cm)	3,54	3,84	3,74
Longitud de la semilla (cm)	4,32	3,55	4,48
Diámetro de la semilla (cm)	2,59	2,69	2,65

**Figura 5.** Medidas de los frutos del aguaje

#### 4.1.2. Composición del fruto del aguaje

Se evaluó las características físicas (peso) de 20 unidades de aguaje para cada uno de los 3 ecotipos teniendo como resultado que el mayor peso de la cascara lo tiene el aguaje ponguete con una cantidad de 14,51 gramos, mientras que el ecotipo shambo con mayor cantidad en el peso del mesocarpio con unos 18,97 gramos, siendo el mismo ecotipo que tiene mayor el peso del bagazo con una cantidad de 4,86 gramos, dentro del peso de la semilla el aguaje amarillo cuenta con 26,20 gramos.

**Cuadro N°05.** Composición del fruto del aguaje

Composición del aguaje			
Característica física	Amarillo	Ponguete	Shambo
Peso de la cascara (g)	12.59	10.65	14.44

Peso de mesocarpio (g)	16.52	12.35	19.02
Peso del endocarpio (g)	3.55	4.01	4.86
Peso de la semilla (g)	26.20	21.20	24.68

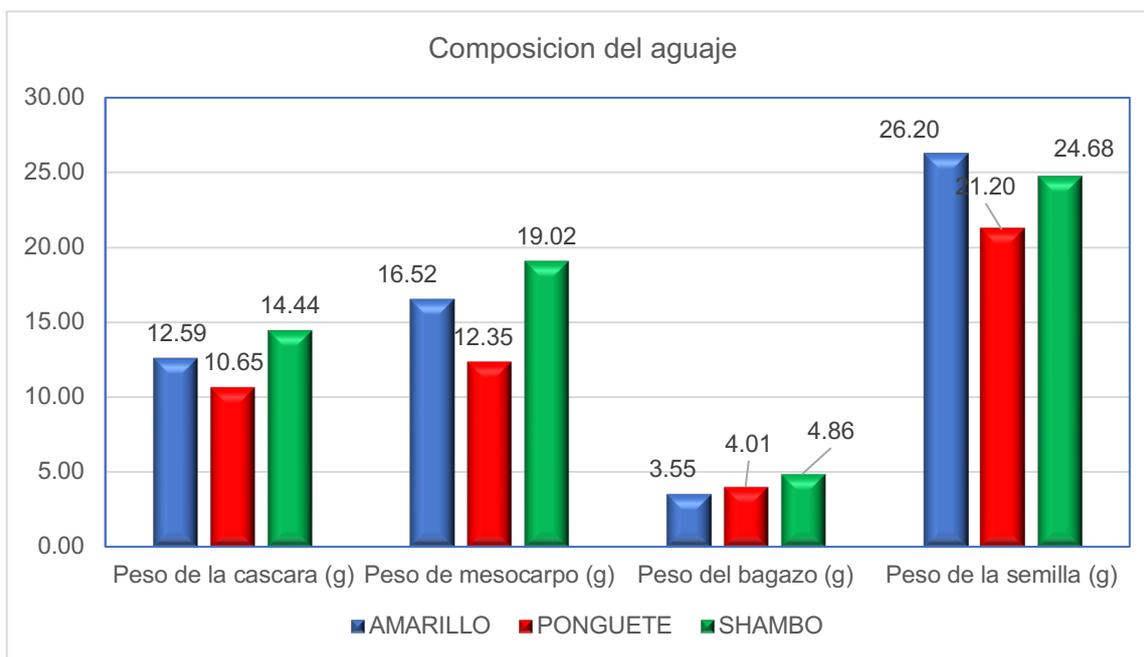


Figura 6. Composición del aguaje.

## 4.2. Extracción de aceite

Para la extracción del aceite de la pulpa sin cascara de aguaje con sus 3 ecotipos a temperaturas de 50°C y 60°C, se utilizó una prensa hidráulica de 20 Tn dando los siguientes resultados:

### 4.2.1. Shambo

Se utilizó 42.250 kg y 39.100 kg de fruto de aguaje donde se obtuvo 9.200 kg y 7.400 kg de masa fresca que ingresó a un deshidratador con temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente, teniendo como resultado 4.400 kg y 3.600 kg de masa seca de aguaje, siguiendo con el proceso fue llevado a una prensa hidráulica para la extracción de aceite en frío de aguaje que dio como resultado 419,10 ml y 542,0 ml respectivamente.

#### 4.2.2. Ponguete

Se utilizó 37.850 kg y 43.400 kg de fruto de aguaje donde se obtuvo 8.200 kg y 12.200 kg de masa fresca que ingresó a un deshidratador con temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente, teniendo como resultado 3.100 kg y 5.700 kg de masa seca de aguaje, siguiendo con el proceso fue llevado a una prensa hidráulica para la extracción de aceite en frío de aguaje que dio como resultado 1.127 mL y 928,0 mL respectivamente.

#### 4.2.3. Amarillo

Se utilizó 35 y 44 kg de fruto de aguaje donde se obtuvo 8.700 y 11.500 kg de masa fresca que ingresó a un deshidratador con temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente, teniendo como resultado 2.700 kg y 3.100 kg de masa seca de aguaje, siguiendo con el proceso fue llevado a una prensa hidráulica para la extracción de aceite de aguaje que dio como resultado 568,0 ml y 312,7 ml respectivamente.

### 4.3. Análisis fisicoquímicos de los ecotipos amarillo, shambo y ponguete

Los análisis fisicoquímicos de los tres ecotipos de aguaje; amarillo, shambo y ponguete con dos temperaturas 50°C y 60°C.

**Cuadro N°06.** Análisis fisicoquímico del aceite de aguaje

Análisis	Amarillo		Ponguete		Shambo	
	50°C	60°C	50°C	60°C	50°C	60°C
Humedad (%)	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10
Densidad (g/ml)	0,918	0,908	0,906	0,907	0,917	0,918
Acidez (%)	1,29	1,48	3,72	2,65	3,38	2,58

Peróxido (meq O <sub>2</sub> /Kg)	9,10	11,55	10,28	9,34	9,97	10,79
Saponificación (%)	185,53	185,57	187,01	187,18	181,09	190,07

#### 4.3.1. Humedad

En el Gráfico 12 se aprecia que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de ecotipo y temperatura, Puesto que ningún P-valor es menor que 0,05 y ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Humedad. En este caso no se aplica la prueba de comparación múltiple de tukey, debido a que no existe diferencias entre los factores.

#### 4.3.2. Densidad

En el análisis de varianza se aprecia que el valor-P es menor que 0,05 y que ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo ya que no se encuentran diferencias sobre densidad entre los efectos de ecotipo y temperatura, ni interacción entre ellas según el software estadístico. En este caso no se aplica la prueba de comparación múltiple de tukey, debido a que no existe diferencias entre los factores.

#### 4.3.3. Acidez

En el Gráfico 14 se aprecia que se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de ecotipo puesto que su P-valor es menor que 0,05 y que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Acidez. Por lo cual se procede a la prueba de comparación múltiple de Tukey para así poder determinar las diferencias de medias.

En el cuadro 5 se muestra que, para el índice de acidez, el ecotipo amarillo tiene diferencias estadísticamente significativas y se reporta con un valor en la media de 1,38, a diferencias de los otros ecotipos ya que cuentan con medias similares.

#### **4.3.4. Índice de peróxido**

En el Gráfico 21 se aprecia que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de ecotipo, efectos de temperatura y tampoco diferencias en la interacción de estos factores, según el software estadístico, puesto que ningún P-valor es menor que 0,05. La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Peróxido en contribuciones debidas a varios factores. Siendo en este caso no se aplica la prueba de comparación múltiple de tukey, debido a que no existe diferencias entre los factores.

#### **4.3.5. Índice de saponificación**

En el Gráfico 18 se aprecia se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de ecotipo, puesto que su P-valor es menor que 0.05, por lo que se procedió a la prueba de tukey a un nivel de insignificancia para determinar diferencias estadísticas.

En el cuadro N°11 se muestra que, los ecotipos shambo y ponguete tienen valores similares en sus medias, en cambio el ecotipo amarillo tiene diferencias estadísticamente significativas con una media de 98.54 con respecto al índice de saponificación del aceite de aguaje.

### **4.4. Contenido de antioxidantes**

Los resultados conseguidos para las variables con respecto a la capacidad antioxidante en la obtención de aceite de aguaje, se muestra en el grafico 24 que no se encuentran diferencias estadísticas entre los principales efectos de los

ecotipos y temperatura ni la interacción entre ellas, según el software estadístico puesto que su P-valor es mayor que 0,05. Para este caso no se aplica la prueba de comparación múltiple de tukey, debido a que no existe diferencias entre los factores.

#### **4.5. Contenido de polifenoles totales**

En el Gráfico 27 se aprecia no se encontró diferencias estadísticas en efecto de temperatura por tener un P-valor mayor a 0,05, sin embargo, entre los efectos de ecotipos encontramos diferencias estadísticas significativas por tener un P-valor inferior a 0,05 procediéndose a la prueba de tukey.

En el cuadro N°15 se muestra que para el contenido de polifenoles totales, el ecotipo amarillo tiene diferencias estadísticamente significativas con una media de 13.88, a diferencias de los otros ecotipos ya que cuentan con medias similares, siendo el ecotipo ponguete el que tiene el valor más alto con la media 27,1933.

#### **4.6. Contenido de antocianinas**

Los resultados conseguidos para las variables con respecto al contenido de antocianinas en la obtención de aceite de aguaje, se muestra en el grafico 30 que no se encuentran diferencias estadísticas entre los principales efectos de los ecotipos y temperatura ni la interacción entre ellas, según el software estadístico puesto que su P-valor es mayor que 0,05. Para este caso no se aplica la prueba de comparación múltiple de tukey, debido a que no existe diferencias entre los factores.

## V. DISCUSIÓN.

### 5.1. Características biométricas de los ecotipos de aguaje

Vásquez, *et al.*, (2009) en su trabajo de investigación obtienen que el peso de la semilla del aguaje amarillo, ponguete y shambo está entre 26,20 g 24,0 g y 24,69 g respectivamente; el mesocarpio(pulpa) está entre 16,36 g 14,50 g y 18.97 g por cada ecotipo, mientras que la longitud del fruto del aguaje; están entre 6,46 cm, 5,45 cm y 6,45 cm respectivamente; comparando con los resultados del presente trabajo en donde el peso del mesocarpio en promedio para aguaje amarillo es 16,52 g, del aguaje ponguete es 12,35 g y por ultimo del aguaje shambo es 19,02 g, para la longitud tenemos 6,39 g, 5.43 g y 6.44 g para cada ecotipo respectivamente; entonces observamos que se encuentra dentro del rango establecido por el autor, en cuanto a peso del mesocarpio(pulpa) para todos los ecotipos, siendo el ecotipo shambo el aguaje con mayor rendimiento para la pulpa o mesocarpio y para la longitud se encuentra dentro de los parámetros reportados por el autor.

### 5.2. Característica fisicoquímica de los tres ecotipos de aguaje

Quispe *et al.*, (2009) en su trabajo de investigación reporta que para el aceite crudo de aguaje para humedad, densidad, acidez, índice de peróxido e índice de saponificación para 60°C fueron: 0.06%, 0,9121 g/ml, 5.11 mg KOH/g , 4,8 meq O<sub>2</sub>/Kg y 191,83 %, respectivamente. Mientras que Carrillo., (2017), encontró valores de 0,910 g/ml, 198,21 mg KOH/g y 2.71% para densidad, índice de saponificación e índice de acidez, observando en el presente trabajo, que los valores medios obtenidos del aceite de aguaje para humedad, densidad, índice de acidez, índice de peróxido e índice de saponificación para en ecotipo amarillo

a 50°C (0.09%, 0.918 g/ml, 1.29%, 9.10 meq O<sub>2</sub>/Kg y 185.53%); 60°C (0.09%, 0.908 g/ml, 1.48%, 11.55 meq O<sub>2</sub>/Kg y 185.57%), ecotipo ponguete 50 °C (0.10%, 0.906 g/ml, 3.72%, 10.28 meq O<sub>2</sub>/Kg y 187.01%); 60°C (0.10%, 0.907 g/ml, 2.65%, 9.34 meq O<sub>2</sub>/Kg y 187,18%) y ecotipo shambo a 50°C (0,09%, 0.917 g/ml, 3,38%, 9,97 meq O<sub>2</sub>/Kg y 181,09%); 60°C (0.10%, 0.918 g/ml, 2,58%, 10,79 meq O<sub>2</sub>/Kg y 189,07%) respectivamente.

Siendo las temperaturas de deshidratado de la pulpa de aguaje de 50°C y 60°C en los diferentes ecotipos; amarillo, ponguete y shambo; en cuanto para densidad del aceite no son diferentes por efecto de temperatura y son semejantes a lo reportado por los autores; sin embargo, en las otras características fisicoquímicas del aceite son diferentes por efecto de temperatura a lo reportado por los autores.

### **5.3. Capacidad antioxidante de los ecotipos amarillo, ponguete y shambo**

Se obtuvo una capacidad antioxidante de la pulpa deshidratada de aguaje a 50°C y 60°C en ecotipo amarillo a 31239,8 µmol trolox/100 g de muestra y 33803,09 µmol trolox/100 g de muestra respectivamente, comparando la investigación de Koolen *et al.*, (2013) donde obtuvieron 19,58 a 0,064 mg/ml en DPPH en extracto de aguaje, mientras que Silva *et al*, (2016) reporta 21800 a 30 µmol trolox/100 g de muestra a una temperatura de 50°C, esto puede atribuirse a que los autores trabajaron con una muestras de lugar, mientras que nosotros trabajamos con aceite pudiendo ser la diferencia.

Para el ecotipo ponguete con temperatura de 50°C y 60°C se obtuvo 55705,9 µmol trolox/100 g de muestra y 37244,1 µmol trolox/100 g

respectivamente, teniendo mayor capacidad de antioxidante el de temperatura 50°C.

En cuanto al ecotipo shambo con temperatura 50°C y 60°C se obtuvo 42124,1  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$  de muestra y 44568,5  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$  de muestra; respectivamente, comparando los estudios realizados por Alves *et al.*, (2020,b) donde obtiene valores de  $69,26 \pm 1,04$  Trolox/g.

#### **5.4. Contenido de polifenoles totales de los ecotipos amarillo, ponguete y shambo**

La cantidad de polifenoles totales del aceite de aguaje a temperatura de 50 y 60 °C son: amarillo 12,7 mg EAG/100g; 22,9 mg EAG/100g, ponguete 29,5 mg EAG/100g; 21,8 mg EAG/100g, y shambo 30,1 mg EAG/100g; 24,3 mg EAG/100g, respectivamente; observando que el ecotipo shambo a una temperatura de 50°C presenta mayor contenido de polifenoles totales y el ecotipo amarillo a una temperatura de 50°C menor contenido de polifenoles totales.

Los valores obtenidos del fruto de aguaje comparados con lo reportado por Koolen, *et al.*, (2013) donde el contenido en polifenoles totales de los extractos de aceite de aguaje osciló entre 378,07 a 3,12 mg EAG/100g; mientras que Silva *et al.*, (2016) 254 x 5g EAG/100g a una temperatura de 50°C, los valores se encuentran dentro del rango citado por los autores.

#### **5.5. Contenido de antocianinas de los ecotipos amarillo, ponguete y shambo**

El resultado de antocianinas obtenido en el aceite de tres ecotipos de aguaje y a dos temperaturas son: amarillo a 50°C (2,07 mg/100g) y 60°C (1,49 mg/100g); ponguete a 50°C (1,60 mg/100g) y 60°C (1,29 mg/100g), y shambo

50°C (1.43mg/100g) y 60°C (1,29 mg/100g), donde no se encontró reporte de otros autores que hayan realizado trabajos similares al nuestro.

## VI. CONCLUSIONES

- Las temperaturas de deshidratación (50° y 60°C) no tiene diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales del aceite extraído por presión en frio; a diferencias de los ecotipos (ponguete y shambo) donde si existe diferencias significativas con el ecotipo amarillo , sin embargo se puede observar que a menor temperatura (50°C) degrada menos el contenido de polifenoles totales que cuenta el aceite de aguaje; mientras que para la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas no se encontró efectos en la temperatura de deshidratación ni en los ecotipos.
- El aceite extraído por presión en frio de los ecotipos de aguaje estudiados tienen potencial antioxidante en promedio como: ponguete a temperatura 50°C (55705,50  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$ ), a si mismo el shambo a temperatura 60°C (44568,50  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$ ) y el amarillo a temperatura 50°C (33803,09  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$ ).
- El aceite extraído de los ecotipos (amarillo, ponguete y shambo) a la temperatura 50°C tuvo diferencias significativas en el índice de acidez y saponificación mientras que para los parámetros estudiados (densidad, humedad y peróxidos) no existe diferencias significativas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre los beneficios para la salud que pueda brindar el consumo del aguaje teniendo en cuenta la función que cumplen los compuestos fenólicos como antioxidantes frente a diferentes enfermedades.

Realizar trabajos comparativos sobre las sustancias bioactivas con otros métodos de secado; como el liofilizado y atomizado XX.

- Realizar estudios de investigación de la cascara y la semilla de aguaje para aprovechar su potencial en la actividad antioxidante.

### VIII. LITERATURA CITADA.

- Abreu, R; Paredes, J; Granda, G; Iturralde, G; Gonzalez, A; Alvarez, J. 2020  
Bioactive compounds, phenolic profile, antioxidant capacity and effectiveness against lipid peroxidation of cell membranes of *Mauritia flexuosa* L. fruit extracts from three biomes in the Ecuadorian Amazon.
- Alves, C.; Duarte, D.; Gomez, N.; Gongalo, S.; Galvão, F.; Martins, J. 2020.  
Caracterización química y evaluación de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del aceite de pulpa de frutas de *Mauritia flexuosa* L. f. Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas. Brazil, 408-419.
- Auncancela, C.; Chavez, E. 2009. Diseño y construcción de un secador de túnel para la deshidratación de maíz. Tesis para optar título de Ingeniero Químico. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. 1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28,25–30
- Cabrera, H.; Cuellar, Armando, 2009. Characterization of fat acids from leaves of *pedilanthus tithymaloides*(L) Poit,. Lboratorio Central de Farmacologia. Facultad Ciencias Medicas << Dr. Salvador Allende >> Carvajal s/n e/ Agua Dulce y A, Cerro, Ciodad de la Habana, Cuba.
- Carrillo, M.; Cardona; J., Diaz, R.; Orduz, L.; Mosquera, L.; Hernandez Gomez, M. y Pena Rojas,L. 2017. Los ingredientes naturales de la Amazonia colombiana, sus aplicaciones y especificaciones tecnicas. Natural

ingredients from Amazonian plant species, uses and technical specifications. Bogota, Colombia: Instituto Amazonico de Investigaciones Cientificas-SINCHI. ISBN: 958-97950-7-2.

Castillo, D. 2006. Aguaje, La Maravillosa Palmera de la Amazonia peruana. Wust Ediciones. Iquitos, Perú. 52 p.

Codex Alimentarios 2015. Norma para aceites y vegetales especificados en el Codex Stan 210-1999. Obtenido de Codez alimentarius: [http://www.fao.org/input/download/standards/336/CXS\\_210s\\_2015.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/336/CXS_210s_2015.pdf)

Codesu, C. 2001. Proyecto Conservacion, Manejo y Aprovechamiento Racional del Aguaje. Pucallpa-Peru: En parcelas Familiares en el Ucayali. Boletin N° 02.

Dalpasquale, VA; De Queiroz, D; Marques, JA; Sinicio, Roberto. 1991. Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas. Santiago, Chile. Editorial FAO, Viale delle Terme di Caracalla. 90p.

Fennema, O. 1996. Food Chemistry. 3 ed. New York, USA, Marcel Dekker. 1071p

Ferreira, B. S., Almeida, C. G., Faza, L. P., Almeida, A., Diniz, C. G., Silva, V. L., et al. 2005. Comparative properties of Amazonian oils obtained different extraction methods. *Molecules*, 16, 5875–5885.

Fito Maupoey, P; Andrés Grau, AM; Barat Baviera, JM; Albors Sorolla, AM. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Primera Edición. España, Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 211p.

Frankel, W. 1995. Determinación de la capacidad antioxidante en dos Vinos en la inhibición de la oxidacion de lipoproteínas de baja densidad". Obtenido de (<http://www.bio.puc.cl/vinsalud/boletin/mecanismos.html>). 5 Nov. 2008).

- Garcés, L. 2018. Aceites de Primera Presion en Frío: Ventajas y Obtención Obtenido de Biomanantial: <http://www.biomanantial.com/aceites-primera-presion-frioventajas-obtencion-a-2029-es.html>
- Gómez, S. 2009. Deshidratado de tomates en un secador de Charolas. Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. México. 76p.
- Koolen, H; Silva, F; Gozzo, F; Souza, A; 2013. Antioxidant, antimicrobial activities and characterizatio of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. Food Research International)
- Martínez, M. 2015. Aceites vegetales no tradicionales: Guía para la producción y evaluación de calidad. Argentina: Encuentro Grupo Editor.
- Muratore, G.; Rizzo, V.; Licciardello, F.; Maccarone, E. 2008. Partial dehydration of cherrytomato at different temperature, and nutrionalquality of the products. Food Chemistry, 111 (4).
- Pokorny, J. Yanishleiva, N. Gordon, M Antioxidants in Food: Practical Applications; CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2001.
- Quispe, F.; Ayala, M.; Ingunza, G.; Landeo, E.; Pascual, G. 2009. Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de ungurahui (*Jessenia polycarpa*) y aguaje (*Mauritia flexuosa*) de la amazonía peruana. Sociedad Quimica del Perú. 75 (2): 243-253.
- Rein, M. 2005. Copingmentation reacctions and color stability of Berry anthocyanins. Academic dissertation University of Helsinki. Departamento of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division. Disponible en: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20822/copigmen.pdf>

- Reyes, J.; Abreu, R.; Alvarez, J.; Viafara, D. 2019. Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of *Gustavia macarenensis* fruit mesocarp and its oil from the amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil. *Grasas y Aceites*, Vol. 70.
- Rodriguez, J.; Wrolstad, R. 2001. Secado de granos. Proyecto eficiencia de cosecha y poscosecha. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Actualización Técnica Precop, (16), 4 p.
- Sampaio, M; Carrazza, L. 2012. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*). Brasília: ISPN 2012  
Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/301>
- Sies, H. 1997. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Exp physiol* 82, 297.
- Silva, J.; Rodrigues A.; Silva L.; 2019 . Extracción enzimática acuosa de buriti (*Mauritia Flexuosa*) Aceite: Rendimiento y Antioxidantes Compuestos. Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil
- Su, M.; Chien, P. 2007. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. *Food Chemistry* Vol. 104(1)
- Tinco, E.; Magallanes, N. 2008. Estudio de los parámetros para la deshidratación de alcachofas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- Ulloa, J. 2012. Deshidratación de alimentos. Programa Académico del Doctorado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. 5p.

- Vasquez, P.; Sotero, V.; Castillo, D.; Alvarado, L.; Maco, M.; 2009. Diferenciación química de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f. de la amazonia peruana.
- Viera, F. C; Pierre, C.T; Castro, H. F. 2005. Influência da composição em ácidos graxos de diferentes óleos vegetais nas propriedades catalíticas de uma preparação comercial de lípase pancreática. IN: VI Congresso Brasileiro de Engenharia química em Iniciação Científica, Campinas.
- Villanueva, T. 2003. Antocianinas, Ácido Ascórbico, Polifenoles totales y Actividad Antioxidante en la cascara de camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú.Universidad Nacional Agraria de la Selva., 7-48.
- Zapata, C. y Cardona, M. 2014. Estudio de la biodisponibilidad de los antioxidantes hidrosolubles tipo flavonoide para su utilización en la industria de las bebidas. Tesis Ing. Alimentos y Nutrición. Medellín, Colombia, Corporación Universitaria Lasallista. 44p

## **IX. Anexo 1**

### **10.1. Determinación de Densidad.**

- Un picnómetro de 10 ml, debidamente esterilizado a 105°C, en una estufa por 30 minutos y enfriado en un desecador.
- Pesamos el picnómetro vacío y seco anotamos el peso.
- Pesamos el picnómetro con el aceite de aguaje.

### **10.2. Determinación de humedad.**

- Esterilizar un vaso precipitado de 100 ml en la estufa por media hora
- Enfriar el vaso precipitado en un desecador por media hora.
- Pesar en la balanza analítica el vaso precipitado, hasta obtener un peso constante, anotamos como valor A.
- Agregar al vaso precipitado 3ml de aceite de aguaje y pesamos, anotamos como valor B.
- Introducimos el vaso precipitado más la muestra en la estufa por 1 horas y 30 minutos.
- Enfriamos envaso precipitado más la muestra en un desecador por 30 minutos.
- Pesar el vaso y anotar como el valor C.

### **10.3. Determinación de acidez titulable. Método nmx-f-101-1987.**

- Determinación de Acidez Titulable. La acidez del producto se expresa en porcentaje del peso del ácido predominante que se encuentra en la muestra, mediante el siguiente procedimiento:
- Se llena una bureta con una solución de hidróxido de sodio, al 0.1 N.

- En un vaso precipitado de 100 ml, 3 gramos de muestra.
- Se adiciona 20 gotas de fenolftaleína al 1%, como indicador Y 25 ml de alcohol.
- Se titula gota a gota agitando constantemente, hasta la aparición de una coloración rosa, esta aparición del este color debe durar aproximadamente 15 segundos.
- Se toma el gasto de la lectura, la cual está reflejada en la bureta.

#### **10.4 Índice de Refracción.**

- Utilizaremos un refractómetro digital de marca HANNA HI 96803.
- Calibramos el refractómetro con agua destilada.
- Colocar en el lente óptico del refractómetro dos gotas de la muestra.
- Anotar la medida.

#### **10.5. Índice de saponificación.**

##### **• Procedimiento.**

- 5 g de aceite de aguaje con cascara y 10 ml de potasio alcohólico, introducir en un matraz Erlenmeyer de 25 ml.
- Sellamos la muestra con papel film, abrimos un orificio con la varilla de vidrio, llevamos al baño maría por 30 minutos y constantemente agitar la muestra con la varilla.
- Luego de 30 minutos retiramos la muestra y agregamos 10 gotas de fenolftaleína, lo agitamos
- Empezamos la titulación con la bureta, utilizando ácido clorhídrico, hasta que la muestra presente un color amarillo.

- **BLANCO.**

- 10 ml de potasio alcohólico, introducir en un matraz Erlenmeyer de 25 ml.
- Sellamos la muestra con papel film con agitador magnético, llevamos al baño maría por 30 minutos y en constantemente agitación mantener la muestra.
- Luego de 30 minutos retiramos la muestra y agregamos 10 gotas de fenolftaleína, lo agitamos.
- Empezamos la titulación con la bureta, utilizando ácido clorhídrico, hasta que la muestra presente un color blanco.

#### **10.6. Determinación de la capacidad antioxidante**

- **Procedimiento**

- Luego de preparar la solución de DPPH vortexear por 2 - 3 minutos hasta una completa solubilización del compuesto. Almacenar a 4 °C protegido de la luz. Una vez preparado la solución stock se recomienda hacer uso de ello por una semana, luego descartar.
- A partir de la solución stock preparar 50 mL de 100  $\mu$ M DPPH en 95% etanol, como concentración final para medir la capacidad de secuestro de las muestras experimentales.
- Las concentraciones finales de DPPH pueden variar de acuerdo al investigador y a las condiciones del experimento. Se sugiere utilizar concentraciones entre (50 –100  $\mu$ M).
- Agregar 25  $\mu$ L de muestra a 975  $\mu$ L de la solución de DPPH en una cubeta de poliestireno (1 cm  $\times$  1 cm  $\times$  4.5 cm).

- La inhibición de los radicales libres DPPH<sup>+</sup> es determinado por la decoloración de la solución de violeta a amarillo, el cual es medido por espectrofotometría a 515 nm durante un tiempo de 10 minutos o hasta que se observe un valor de absorbancia constante.
- El valor de absorbancia se comparará con una curva de Trolox en concentraciones entre 0,25 - 1.5 mM y los resultados se expresarán en mg de Trolox equivalente (TE) por 100 g de muestra seca. (Brand Williams et al., (2008), modificado por Scheler R y Godoy (2009).

### **10.7. Determinación de polifenoles totales**

#### **• Procedimiento**

- Se realizó partiendo del extracto hidroalcohólico 100 mg/mL (filtrado y centrifugado 10000rpm/10min a 4°C), a partir de ello se realizó la dilución de trabajo 5 mg/mL, 8 mg/mL y 10 mg/mL, para el 1er, 2do y 3er muestreo respectivamente con 3 repeticiones por tratamiento, cabe destacar que se adiciono en los tubos para cada tratamiento 1580 µL de agua destilada, 20 µL de extracto diluido (5, 8 y 10 mg/mL), 100 µL de fenol Folin Ciocalteu
- Finalmente 300 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20% y se incubo por 2h a temperatura ambiente
- Luego se hizo la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 700 nm. Las absorbancias obtenidas fueron remplazadas en la ecuación de la curva estándar y expresadas en equivalente de ácido gálico (g EAG/100g muestra).

### Anexo 2

**Cuadro N°7.** Análisis de Varianza para Densidad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	0.000367	2	0.0001835	2.37	0.1302
B: TEMPERATURA	3.75556E-05	1	3.75556E-05	0.48	0.4978
RESIDUOS	0.00108544	14	7.75317E-05		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00149	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°8.** Análisis de Varianza para Humedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	0.00123333	2	0.000616667	1.6	0.2376
B: TEMPERATURA	0.000555556	1	0.000555556	1.44	0.2505
RESIDUOS	0.00541111	14	0.000386508		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0072	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°9.** Análisis de Varianza para Acidez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	11.6428	2	5.82142	8.95	0.0031
B: TEMPERATURA	1.42805	1	1.42805	2.2	0.1605
RESIDUOS	9.105	14	0.650357		
TOTAL (CORREGIDO)	22.1759	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°10.** Prueba de Tukey para índice de saponificación

Ecotipo	Casos	Media LS	Sigma LS	
Amarillo	6	1,38833	0,329231	A
Shambo	6	2,98167	0,329231	B
Ponguete	6	3,18833	0,329231	B

**Cuadro N°11.** Análisis de Varianza para Saponificación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	30943.5	2	15471.8	6.69	0.0092
B: TEMPERATURA	13484.7	1	13484.7	5.83	0.0301
RESIDUOS	32401.2	14	2314.37		
TOTAL (CORREGIDO)	76829.4	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°12.** Análisis de Varianza para Peróxidos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	3.04829	2	1.52414	0.25	0.7857
B: TEMPERATURA	10.603	1	10.603	1.71	0.2152
INTERACCIONES					
AB	2.08877	2	1.04439	0.17	0.8468
RESIDUOS	74.3072	12	6.19226		
TOTAL 33(CORREGIDO)	90.0472	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°13.** Análisis de Varianza para Antioxidantes

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P

EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	589379000	2	294690000	2.65	0.1116
B: TEMPERATURA	5962990	1	5962990	0.05	0.8209
INTERACCIONES					
AB	747447000	2	373724000	3.36	0.0695
RESIDUOS	1335960000	12	111330000		
TOTAL (CORREGIDO)	2678750000	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°14.** Análisis de Varianza para Polifenoles totales

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:ECOTIPO	663.741	2	331.871	11.99	0.0014
B: TEMPERATURA	47.7916	1	47.7916	1.73	0.2134
INTERACCIONES					
AB	83.1131	2	41.5565	1.5	0.2619
RESIDUOS	332.161	12	27.6801		
TOTAL (CORREGIDO)	1126.81	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°15** Pruebas de Múltiple Rangos para polifenoles totales

Ecotipo	Casos	Media LS	Sigma LS	
Amarillo	6	13,8883	2,14787	A
Shambo	6	26,3	2,14787	B
Ponguete	6	27,1933	2,14787	B

**Cuadro N°16.** Análisis de Varianza para Antocianinas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: ECOTIPO	0.583411	2	0.291706	1.91	0.1903
B: TEMPERATURA	0.527022	1	0.527022	3.45	0.0879
INTERACCIONES					
AB	0.145344	2	0.0726722	0.48	0.6325

RESIDUOS	1.8318	12	0.15265
TOTAL (CORREGIDO)	3.08758	17	

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Cuadro N°17.** Densidad del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	0.918	0.921
	R2	0.919	0.890
	R3	0.918	0.912
PONGUETE	R1	0.909	0.911
	R2	0.908	0.909
	R3	0.902	0.900
SHAMBO	R1	0.916	0.917
	R2	0.917	0.932
	R3	0.917	0.906

\*Densidad expresada en g/ml

**Cuadro N°18.** Humedad del aceite de aguaje con sus dos temperaturas

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	0.10	0.09
	R2	0.09	0.10
	R3	0.09	0.09
PONGUETE	R1	0.09	0.10
	R2	0.10	0.10
	R3	0.10	0.09

	R1	0.09	0.09
SHAMBO	R2	0.09	0.10
	R3	0.10	0.10

\*Humedad expresada en %

**Cuadro N°19.** Acidez del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	1.04	1.69
	R2	1.37	1.40
	R3	1.47	1.36
PONGUETE	R1	5.19	1.92
	R2	3.31	2.98
	R3	2.68	3.05
SHAMBO	R1	4.31	1.42
	R2	3.12	3.10
	R3	2.72	3.22

\*Acidez expresada en %

**Cuadro N°20.** Saponificación del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	181.28	192.20
	R2	186.74	187.35
	R3	188.56	184.89
PONGUETE	R1	181.42	194.80
	R2	188.61	184.83

	R3	191.01	181.92
	R1	172.36	195.80
SHAMBO	R2	183.58	189.41
	R3	187.32	186.79

\*Saponificación expresada en %

**Cuadro N°21.** Peróxidos del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	4.70	14.60
	R2	10.89	10.34
	R3	11.71	9.72
PONGUETE	R1	9.30	14.30
	R2	10.68	10.94
	R3	10.86	10.43
SHAMBO	R1	6.50	11.50
	R2	11.38	10.55
	R3	12.03	10.33

\*Peroxido expresado en meq O<sub>2</sub>/Kg

**Cuadro N°22.** Antioxidantes del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
AMARILLO	R1	27775.50	36683.80
	R2	32229.65	32724.56
	R3	33714.37	32003.32
PONGUETE	R1	69872.50	32497.90

	R2	51658.30	39498.83
	R3	45586.90	39735.60
	R1	48250.00	33444.10
SHAMBO	R2	40373.95	49634.50
	R3	37748.60	50626.96

\*Antioxidante expresado en  $\mu\text{mol trolox}/100\text{ g}$

**Cuadro N°23.** Polifenoles del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
	R1	9.60	17.60
AMARILLO	R2	13.60	14.04
	R3	14.93	13.56
	R1	40.10	18.00
PONGUETE	R2	28.70	25.51
	R3	24.90	25.95
	R1	34.90	17.30
SHAMBO	R2	26.45	27.43
	R3	23.63	28.09

\*Polifenoles totales expresado en mg EAG/100g

**Cuadro N°24.** Antocianinas del aceite de aguaje con sus dos temperaturas.

ECOTIPO	REPETICION	TEMPERATURA	
		50°C	60°C
	R1	2.80	0.91
AMARILLO	R2	1.86	1.75
	R3	1.54	1.81

	R1	2.00	1.16
PONGUETE	R2	1.49	1.36
	R3	1.32	1.36
	R1	1.60	0.98
SHAMBO	R2	1.38	1.43
	R3	1.31	1.46

\*Antocianinas expresado en mg/100g

**Cuadro N°25.** Características biométricas del ecotipo amarillo del aguaje

CARACTERISTICAS BIOMETRICAS					
N°	Peso del fruto (g)	Peso de la cascara (g)	Peso de mesocarpio (g)	Peso del bagazo (g)	Peso de la semilla (g)
1	56.33	13.01	12.99	6.11	23.32
2	57.92	12.21	16.35	6.09	23.27
3	56.84	12.18	16.31	5.10	23.25
4	56.92	12.22	16.33	5.11	23.26
5	56.88	12.19	16.32	5.12	23.25
6	56.82	12.21	16.29	5.08	23.24
7	56.83	12.17	16.30	5.11	23.25
8	56.86	12.22	16.32	5.09	23.23
9	56.82	12.19	16.29	5.10	23.24
10	56.86	12.17	16.33	5.09	23.27
11	56.87	12.21	16.30	5.10	23.26
12	56.86	12.18	16.29	5.11	23.28
13	56.86	12.20	16.32	5.09	23.25

14	56.84	12.19	16.29	5.12	23.24
15	56.9	12.21	16.33	5.11	23.25
16	56.79	12.18	16.28	5.10	23.23
17	57.4	12.70	16.31	5.12	23.27
18	56.93	12.22	16.33	5.13	23.25
19	56.86	12.19	16.29	5.10	23.28
20	56.9	12.21	16.31	5.11	23.27

**Cuadro N°26.** Características biométricas del ecotipo ponguete del aguaje

N°	CARACTERISTICAS BIOMETRICAS				
	Peso del fruto (g)	Peso de la cascara (g)	Peso de mesocarpio (g)	Peso del bagazo (g)	Peso de la semilla (g)
1	53.38	9.48	14.75	4.95	24.20
2	52.52	9.43	14.49	4.62	23.98
3	52.56	9.48	14.48	4.61	23.99
4	52.13	9.00	14.50	4.65	23.98
5	52.35	9.20	14.50	4.64	24.01
6	52.31	9.20	14.49	4.62	24.00
7	52.36	9.21	14.51	4.65	23.99
8	52.32	9.19	14.48	4.64	24.01
9	52.42	9.18	14.59	4.63	24.02
10	52.35	9.20	14.50	4.65	24.00
11	52.36	9.21	14.51	4.65	23.99
12	52.3	9.20	14.49	4.64	23.97

13	52.29	9.19	14.47	4.63	24.00
14	52.36	9.21	14.50	4.64	24.01
15	52.28	9.18	14.49	4.62	23.99
16	52.33	9.19	14.50	4.64	24.00
17	52.35	9.20	14.49	4.65	24.01
18	52.34	9.21	14.50	4.63	24.00
19	52.32	9.18	14.51	4.64	23.99
20	52.32	9.19	14.48	4.65	24.00

**Cuadro N° 27.** Características biométricas del ecotipo shambo del aguaje

CARACTERISTICAS BIOMETRICAS					
N°	Peso del fruto (g)	Peso de la cascara (g)	Peso de mesocarpio (g)	Peso del bagazo (g)	Peso de la semilla (g)
1	62.96	14.44	18.97	4.86	24.69
2	62.93	14.45	18.96	4.85	24.67
3	62.94	14.42	18.97	4.86	24.69
4	62.93	14.44	18.95	4.87	24.67
5	62.95	14.45	18.97	4.85	24.68
6	62.95	14.43	18.96	4.87	24.69
7	62.93	14.42	18.98	4.86	24.67
8	62.95	14.45	18.97	4.87	24.66
9	62.93	14.44	18.96	4.85	24.68
10	62.91	14.43	18.98	4.84	24.66
11	63.00	14.45	18.99	4.87	24.69

12	62.94	14.44	18.97	4.86	24.67
13	62.92	14.43	18.96	4.87	24.66
14	62.96	14.45	18.97	4.85	24.69
15	62.92	14.43	18.96	4.86	24.67
16	62.94	14.44	18.97	4.87	24.66
17	62.94	14.45	18.96	4.85	24.68
18	62.96	14.43	18.99	4.87	24.67
19	62.98	14.45	18.98	4.86	24.69
20	63.95	14.44	19.97	4.85	24.69

### Anexo 3

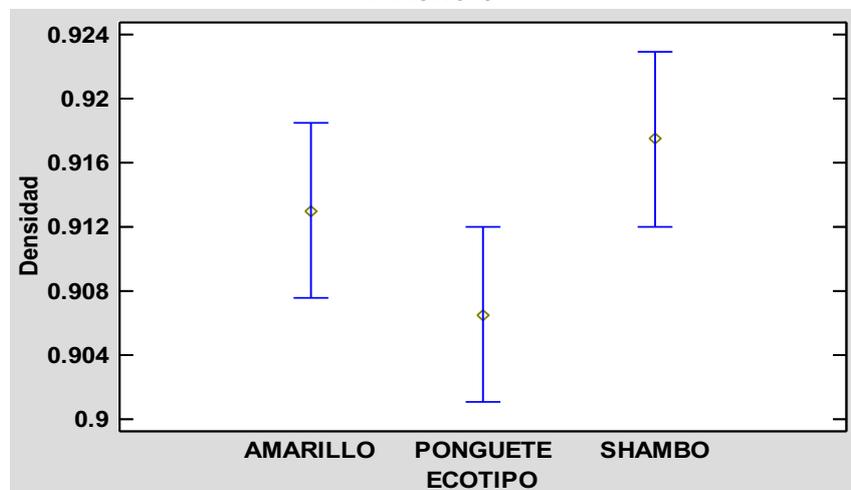
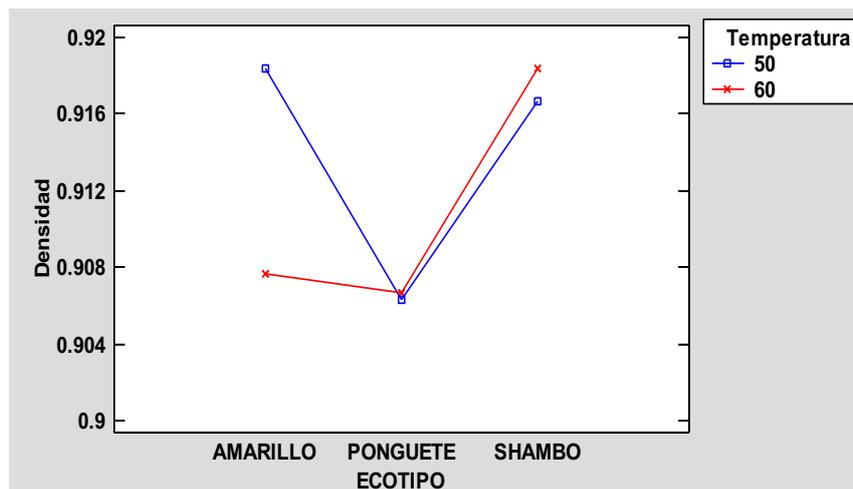
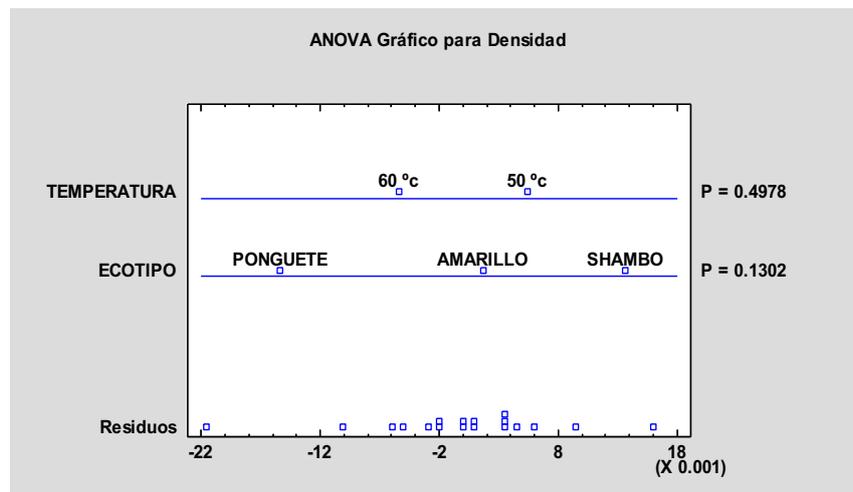


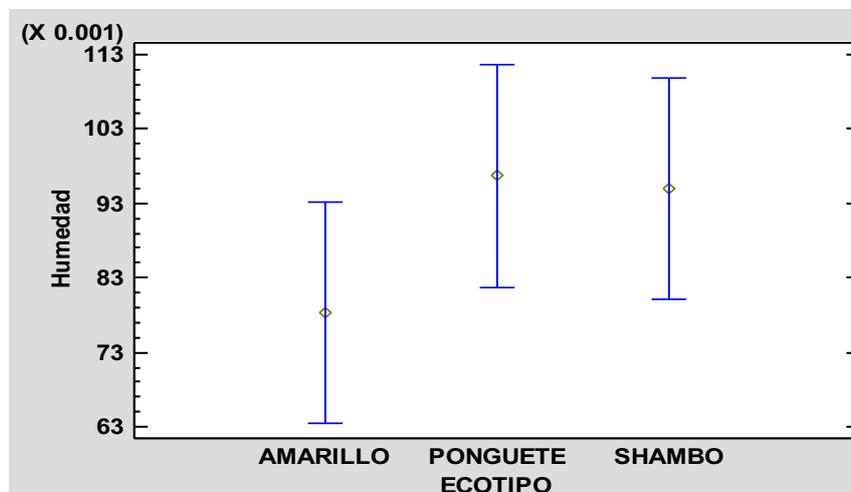
Figura 7. Comportamiento de las medias para densidad.



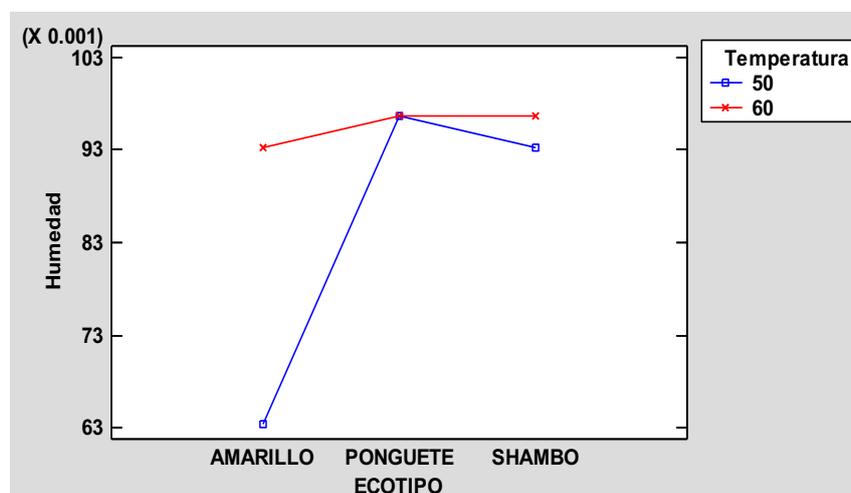
**Figura 8.** Interacción de densidad por ecotipo y temperatura



**Figura 9.** Comportamiento de las medias de densidad por ecotipo



**Figura 10.** Comportamiento de las medias para humedad



**Imagen 11.** Interacción de humedad por ecotipo y temperatura

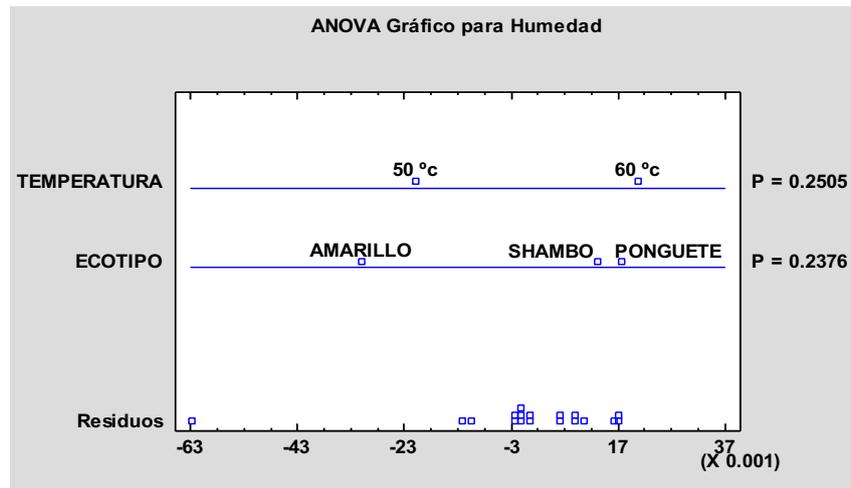


Figura 12. Comportamiento de las medias de humedad por ecotipo

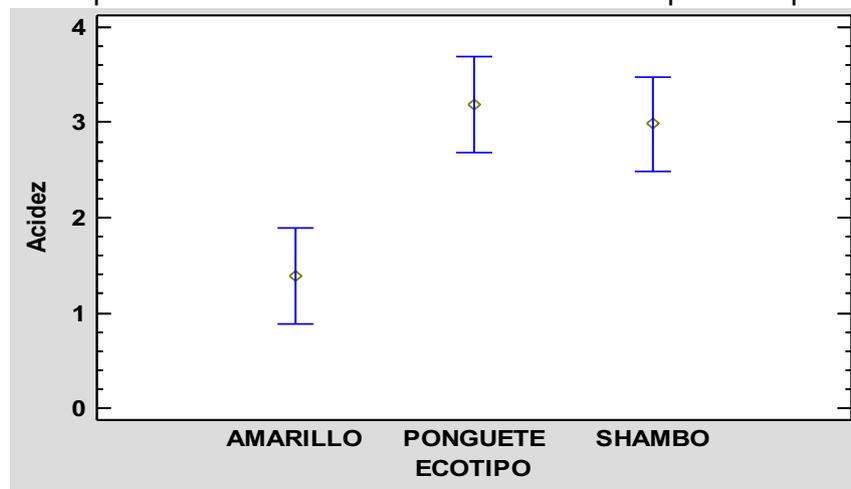


Figura 13. Comportamiento de las medias para acidez

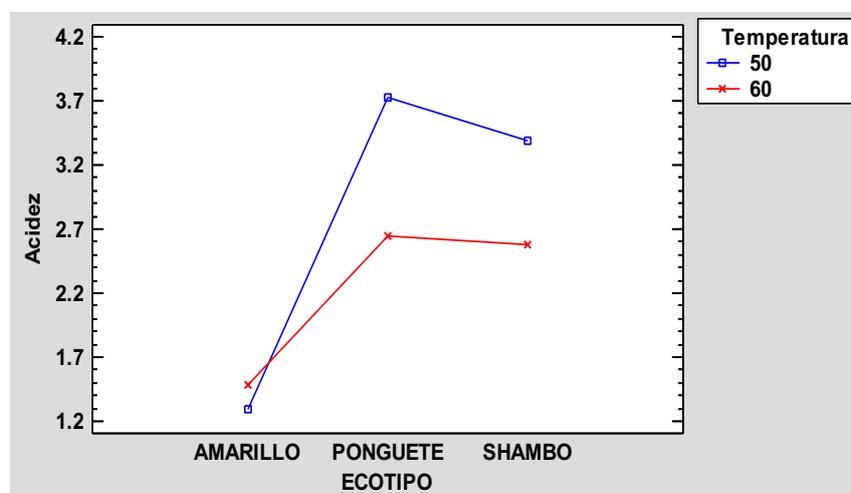


Figura 14. Interacción de acidez por ecotipo y temperatura

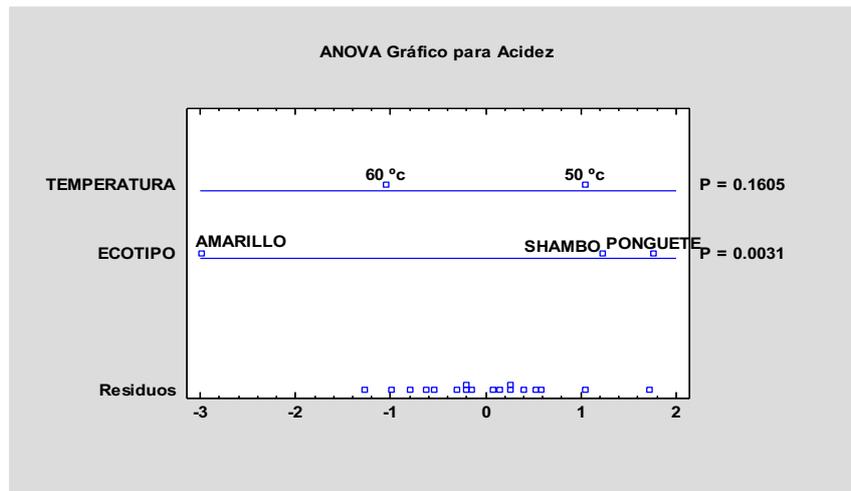


Figura 15. Comportamiento de las medias de acidez por ecotipo

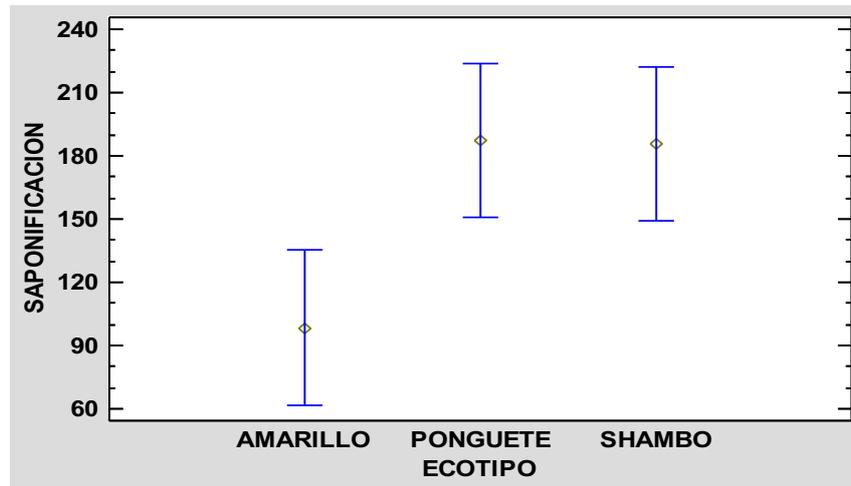


Figura 16. Comportamiento de las medias para saponificación.

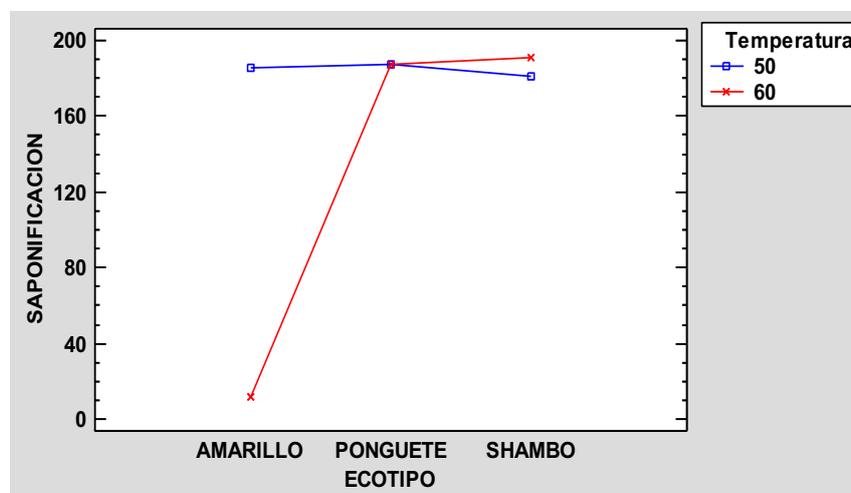
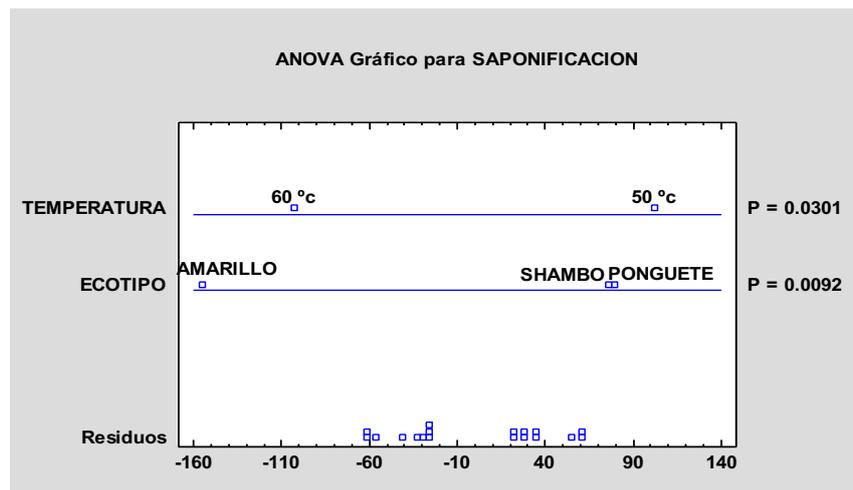
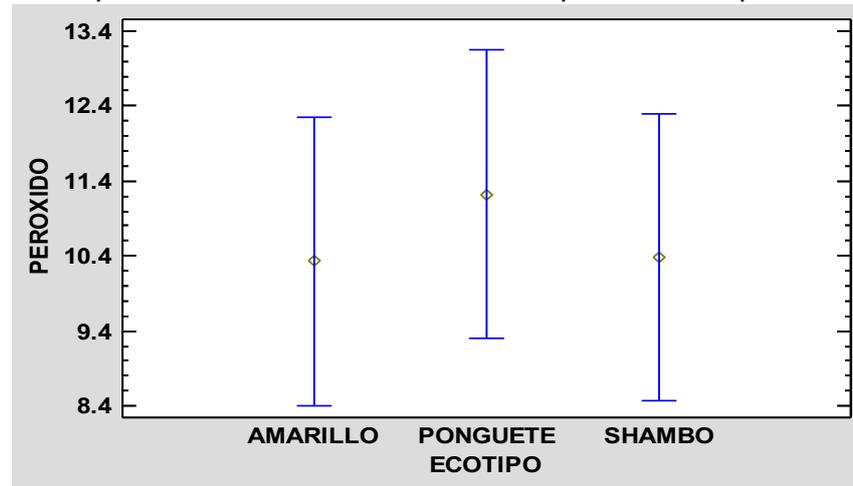


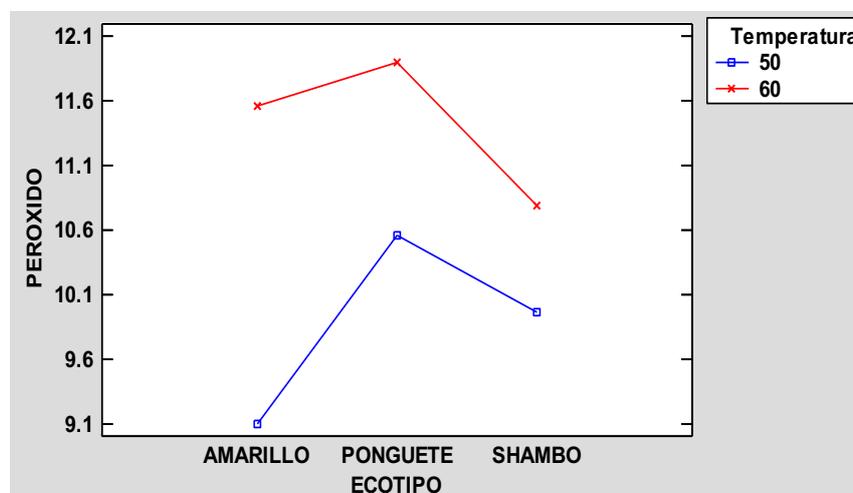
Figura 17. Interacción de saponificación por ecotipo y temperatura



**Figura 18.** Comportamiento de las medias de saponificación por ecotipo



**Figura 19.** Comportamiento de las medias para peróxidos



**Figura 20.** Interacción de peróxido por ecotipo y temperatura

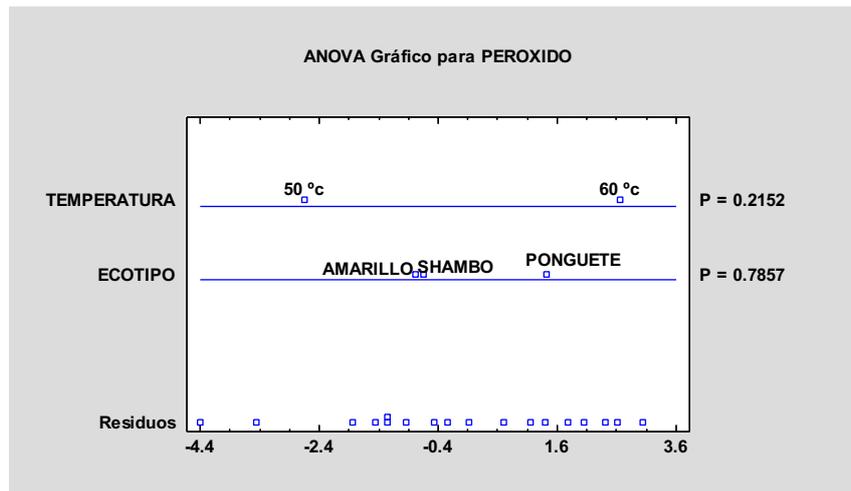


Figura 21. Comportamiento de las medias de peróxido por ecotipo

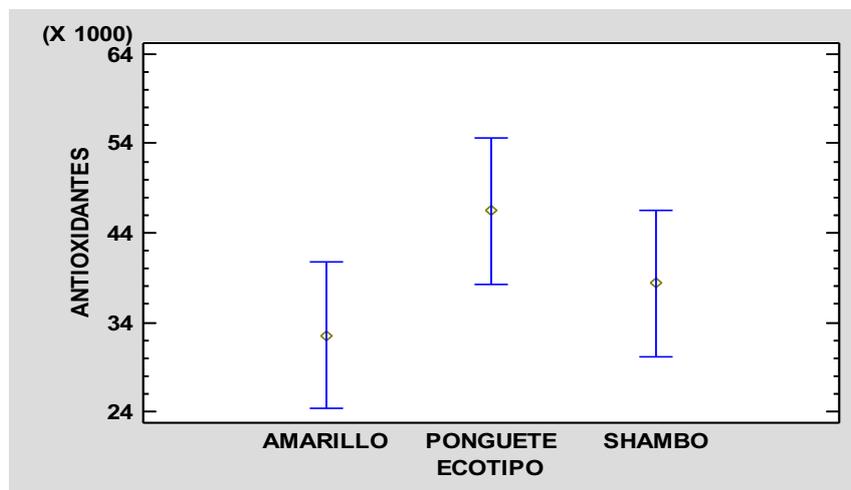


Figura 22. Comportamiento de las medias para antioxidantes

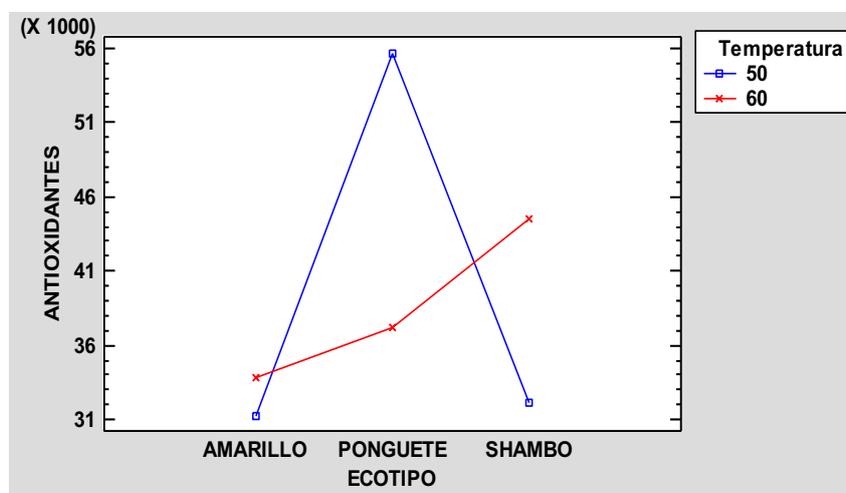


Figura 23. Interacción de peróxido por ecotipo y temperatura

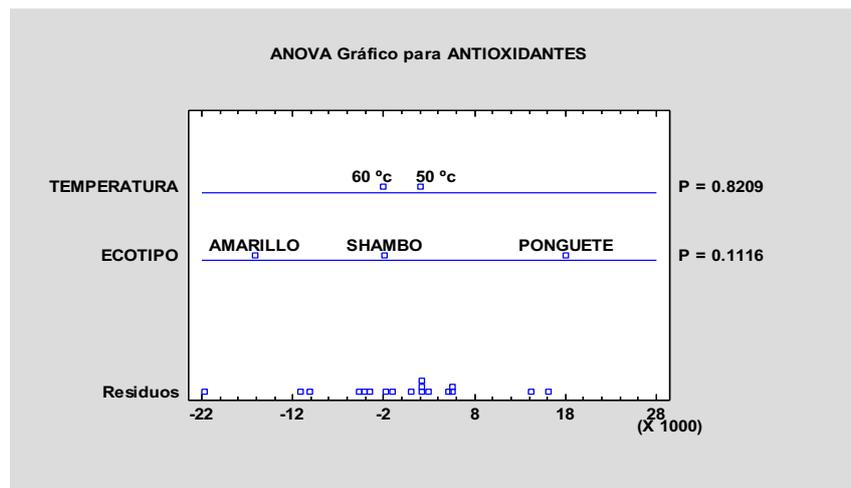


Figura 24. Comportamiento de las medias de antioxidantes por ecotipo

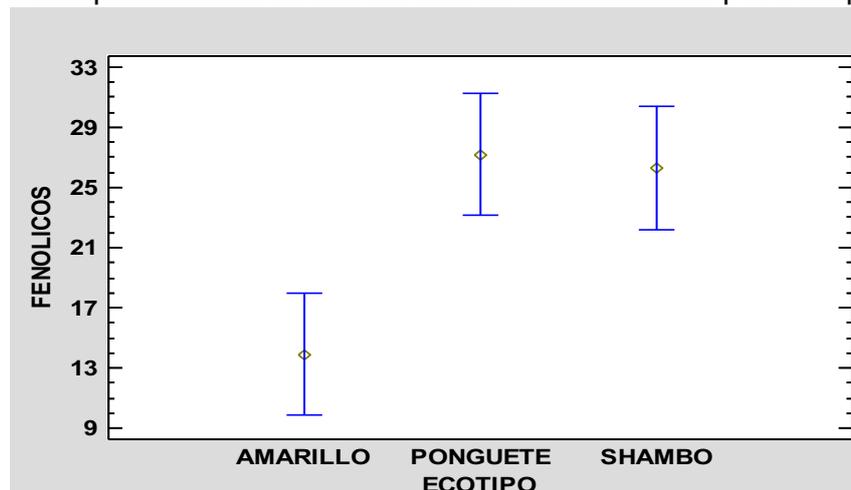


Figura 25. Comportamiento de las medias para polifenoles

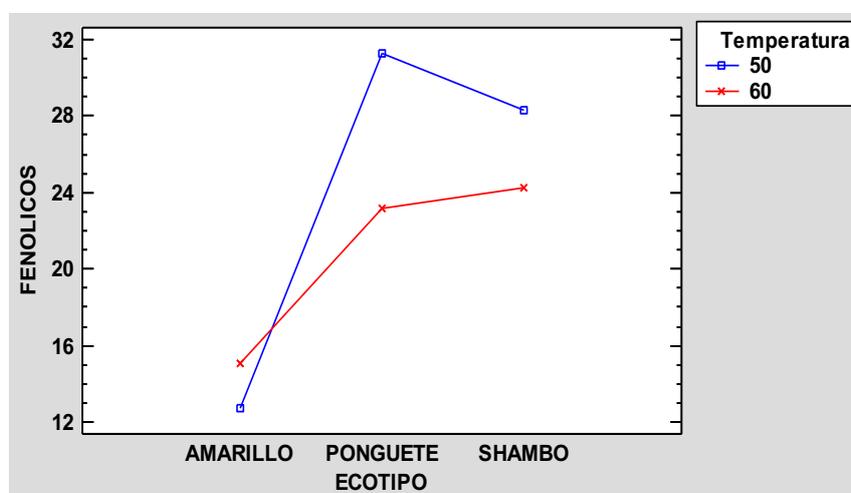


Figura 26. Interacción de polifenoles por ecotipo y temperatura

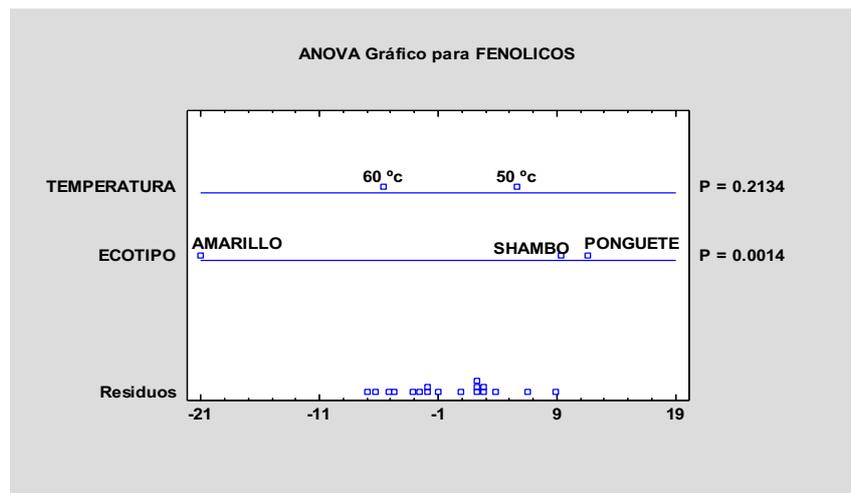


Figura 27. Comportamiento de las medias de polifenoles totales por ecotipo.

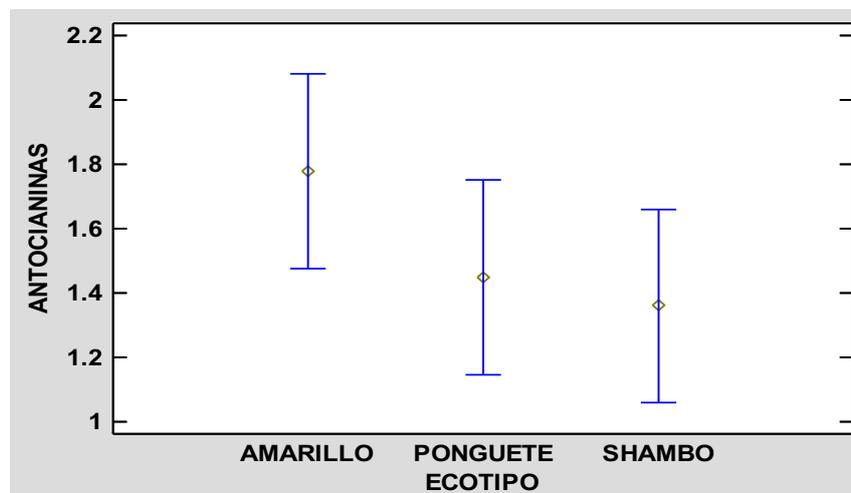


Figura 28. Comportamiento de las medias para antocianinas

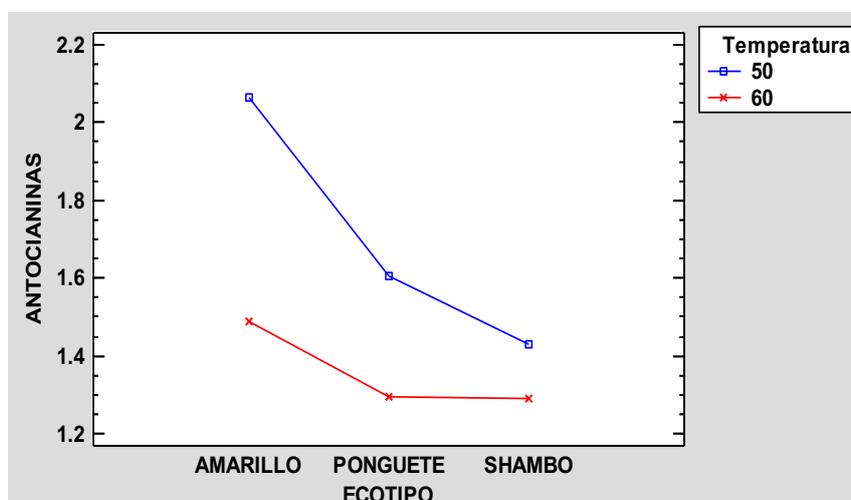


Figura 29. Cuadro de interacción de antocianinas

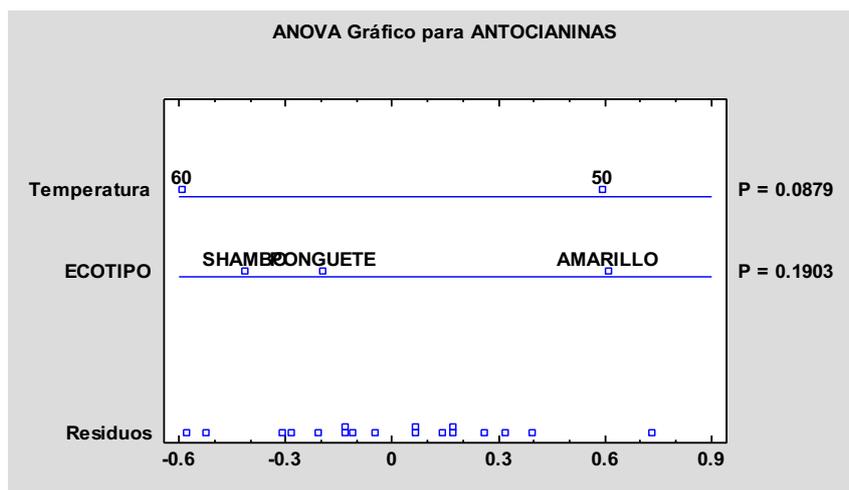


Figura 30. Comportamiento de las medias de antocianinas por ecotipo

**Anexo 4.**

Evidencias fotográficas de la extracción del aceite de *aguaje* (*Mauritia flexuosa*)



**Figura 31.** Recepción y pesado de la materia prima



**Figura 32.** Lavado y desinfección con solución clorada



**Figura 33.** Ablandamiento del aguaje



**Figura 34.** Despulpado manual, separa la pulpa + mascarilla de la semilla



**Figura 35.** Semilla de aguaje libre de pulpa



**Figura 36.** Descascarillando en la despulpadora



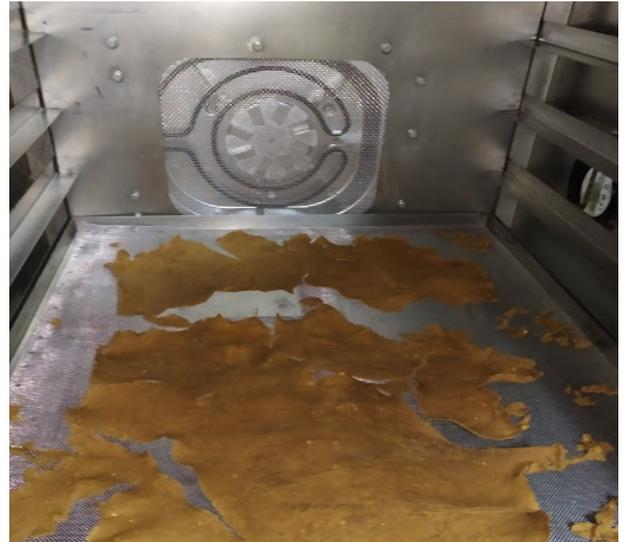
**Figura 37.** Pulpa colocada en la malla



**Figura 38.** Pulpa extendida con 0.5 cm de espesor



**Figura 39.** Masa fresca en el deshidratador



**Figura 40.** Masa seca en el deshidratador



**Figura 41.** Masa en la prensa listo para extraer aceite



**Figura 42.** Prensa mecánica para la extracción de aceite



**Figura 43.** Envasado del aceite de aguaje



**Figura 44.** Realizando los análisis químico proximal



**Figura 45.** Determinación de densidad



**Figura 46.** Aguajes para la caracterización biométrica