

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ EN EL  
CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE  
SAUCO (*Sambucus peruviana*) DE CHACHAPOYAS**

**Autor: Bach. Jorge Miguel Pierola Vergaray**

**Asesor: Ing. Diner Mori Mestanza**

**Coasesor: Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

### **A Dios:**

El reciente trabajo de investigación lo dedico a Dios todo poderoso, por cuidar de mí y guiar mi camino, para enfrentar cada problema que se presenta día a día ya que sin él nada somos en esta vida.

### **A mis padres:**

Pablo Ermitaño Pierola Torres Y Gloria Vergaray Revilla por su apoyo incondicional, su amor y su cariño en cada etapa de mi vida, por haberme formado con buenos valores ya que ellos me inspiraron a ser mejor cada día.

### **A mi esposa y mis dos hijas:**

Enna, Ashly y Antonella Por llegar a mi vida, llenar mis días de felicidad y amor ya que ellos son la razón de quererme superar día a día.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por cuidar de mí y mi familia en estos tiempos difíciles que estamos atravesando por este virus, a mis padres, hermanos, esposa e hijas por creer en mí y estar siempre a mi lado.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza por haberme formado en sus aulas permitiéndome adquirir conocimientos que me servirán durante mi vida profesional, gracias a todos los docentes que han sido una guía durante toda mi trayectoria estudiantil.

A mis asesores Ing. Diner Mori Mestanza y Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana, por su ayuda en todas las etapas de este trabajo de investigación gracias a sus conocimientos ha sido fundamental para el desarrollo de esta investigación.

**Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de  
Amazonas**

**Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI  
Rector**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN  
Vicerrector Académico**

**Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN  
Vicerrectora de Investigación**

**Dr. ERIK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA  
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

## Visto Bueno del Asesor de la Tesis



**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-K

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del estado de madurez en el contenido de compuestos bioactivos de *Sauco (Sambucus Peruviana)* de Chachapoyas;

del egresado Jorge Miguel Pierola Vergara  
de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias  
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial  
de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 13 de Septiembre de 2021

  
Firma y nombre completo del Asesor  
Dines Mori Restrepo

## Visto Bueno del Coasesor de la Tesis



**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

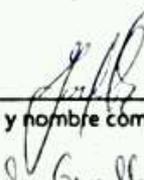
### ANEXO 3-K

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( )/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del estado de madurez en el contenido de compuestos Bioactivos de Sauce (Sambucus peruviana) de Chachapoyas; del egresado Jorge Miguel Pierola Vergaray de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 13 de Setiembre de 2021

  
Firma y nombre completo del Asesor

Segundo Gerardo Chay Quispe

**Jurado Evaluador de la Tesis**

*Aline Camila Caetano*

---

Lic. M. Sc. Aline Camila Caetano

**PRESIDENTE**

*Roberto Carlos Mori Zabarrurú*

---

Ing. MS. Roberto Carlos Mori Zabarrurú

**SECRETARIO**

*Grobert Amado Guadalupe Chuqui*

---

Ing. MsC. Grobert Amado Guadalupe Chuqui

**VOCAL**

## Constancia de Originalidad de la Tesis



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-O

#### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto del Estado de Madurez en el contenido de Compuestos Bioactivos de Sauco (*Sambucus peruviana*) de Chachapoyas

presentada por el estudiante (  ) egresado (  ) Jorge Miguel Pirola Vergaray

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional 03102912082@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (  ) / igual (  ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene ..... % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 23 de octubre ..... del 2021

SECRETARIO

VOCAL

Aline Camila Castano  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# Acta de Sustentación de la Tesis



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de noviembre del año 2021, siendo las 14:00 horas, el aspirante: Bach. Jorge Miguel Pierola Vergaray, defiende en sesión pública presencial ( ) / a distancia (  ) la Tesis titulada: Efecto del Estado de Madurez en el Contenido de Compuestos Bioactivos de Sauco (Sambucus peruviana) de Chachapoyas

teniendo como asesor a Ing. Diner Mori Mestanza y MsC. Segundo Grimaldo Chavez Quintana para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M. Sc. Aline Camila Caetano  
Secretario: Ms. Roberto Carlos Mori Zababunú  
Vocal: MsC. Grobert Amado Guadalupe Chugui

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 15:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## Índice del Contenido

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>iii</b>
<b>Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.....</b>	<b>iv</b>
<b>Visto Bueno del Asesor de la Tesis.....</b>	<b>v</b>
<b>Visto Bueno del Coasesor de la Tesis.....</b>	<b>vi</b>
<b>Jurado Evaluador de la Tesis .....</b>	<b>vii</b>
<b>Constancia de Originalidad de la Tesis.....</b>	<b>viii</b>
<b>Acta de Sustentación de la Tesis .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice del Contenido .....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>xii</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xiv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>II. MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>18</b>
2.1.Muestras .....	18
2.2.Obtención de extractos .....	18
2.3.Determinación del contenido de fenóles totales.....	19
2.4.Determinación de la capacidad antioxidante.....	19
2.5.Determinación de azúcares reductores .....	20
2.6.Cuantificación de antocianinas.....	20
2.7.Determinación del Color.....	21
2.8.Análisis Estadístico .....	21
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
3.1.Fenoles totales del sauco en sus tres estados de madurez .....	22
3.2.Prueba de sujetos homogéneos del contenido de fenoles totales .....	23
3.3.Actividad antioxidante del sauco con el método ABTS (umol TE/g).....	24
3.4.Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante ABTS (umol TE/g) .....	25
3.5.Capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g).....	26

3.6.Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g) .....	27
3.7.Azúcares reductores (mg/g).....	28
3.8.Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de azúcares reductores (mg/g).....	29
3.9.Cantidad de Antocianinas (mg/100 g).....	30
3.10. Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de antocianinas (mg/100 g) .....	31
3.11. Color .....	32
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. RECOMENDACIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>VII REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Contenido de fenoles totales de sauco en tres estados de madurez.....	24
<b>Tabla 2.</b> Sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante ABTS del saúco en tres estados de madurez.....	26
<b>Tabla 3.</b> Sujetos homogéneos del contenido capacidad antioxidante mediante DPPH del sauco según su estado de madurez.....	28
<b>Tabla 4.</b> Sujetos homogéneos del contenido de azúcares reductores del sauco en sus tres estados de madurez.....	30
<b>Tabla 5.</b> Sujetos homogéneos del contenido de antocianinas del sauco en sus tres estados de madurez.....	32
<b>Tabla 6.</b> Valores del color determinados con el CIELAB de las bayas de sauco en diferentes estados de madurez.....	32

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Contenido de fenoles totales en la cáscara y la pulpa en tres estados de madurez de las bayas de sauco. ....	22
<b>Figura 2.</b> Fenoles totales de la cáscara y pulpa de las bayas de sauco según tipo de extracto.....	23
<b>Figura 3.</b> Capacidad antioxidante mediante ABTS (umol TE/g) del sauco en tres estados de madurez según el tipo de muestra.....	24
<b>Figura 4.</b> Capacidad antioxidante mediante ABTS del sauco de la cáscara y pulpa según el tipo de extracto.....	25
<b>Figura 5.</b> Capacidad antioxidante mediante DPPH del sauco en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra.....	26
<b>Figura 6.</b> Capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g) del sauco según el tipo de muestra y el tipo de extracto .....	27
<b>Figura 7.</b> Azúcares reductores (mg/g) en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra.....	28
<b>Figura 8.</b> Azúcares reductores del sauco de la cáscara y la pulpa con extracto acuoso y metanólico.....	29
<b>Figura 9.</b> Antocianinas del sauco en sus tres estados de madurez en la cáscara y pulpa .....	30
<b>Figura 10.</b> Cantidad de antocianinas del sauco de la cáscara y pulpa según el tipo de extracto.....	31
<b>Figura 11.</b> Color de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez.....	33
<b>Figura 12.</b> Color de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez.....	33
<b>Figura 13.</b> Muestra de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez.....	48
<b>Figura 14.</b> Extractos de la cáscara en sus tres estados de madurez con metanol.....	48
<b>Figura 15.</b> Extractos de la cáscara y pulpa en tres estados de madurez con etanol .....	49
<b>Figura 16.</b> Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante.....	49
<b>Figura 17.</b> Determinación de azúcares reductores .....	50
<b>Figura 18.</b> Medición del pH para la determinación de antocianinas .....	50

## Resumen

En este trabajo de investigación se determinó fenoles totales, capacidad antioxidante, azúcares reductores y antocianinas en la cáscara y la pulpa del sauco (*Sambucus peruviana*) en tres estados de madurez (verde, pintón y maduro) de la provincia de Chachapoyas. Para obtener los fenoles totales se aplicó el método de Folin Ciocalteu, para la capacidad antioxidante se utilizó los métodos (DPPH y ABTS), se aplicó el método de Miller (DNS) a 540 nm para azúcares reductores y para las antocianinas se aplicó el método de pH diferencial. Los resultados precisan que la cáscara de las bayas de sauco en estado verde mostró mayor concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante, siendo los respectivos valores de, 95.7333 mg equivalentes a ácido gálico para los fenoles, 20.6563 (umol TE/g) para la capacidad antioxidante con el método ABTS y 2361.9236 (mg Trolox/g) con el método DPPH. En cuanto a los azúcares reductores se encontró mayor concentración en la pulpa de las bayas de sauco en estado maduro equivalente a 30.5366 mg/g, mientras que las antocianinas totales se encontró mayor cantidad en la cáscara de las bayas de sauco en estado maduro equivalentes a 2930.6543 mg/100 g muestra. Estos resultados obtenidos permitieron mostrar que el efecto del grado de madurez es determinante en el contenido de los fenoles totales, capacidad antioxidante, azúcares reductores y antocianinas totales de las bayas de sauco.

**Palabras claves:** capacidad antioxidante, estado de madurez, sauco (*Sambucus peruviana*)

## Abstract

In this research work, total phenols, antioxidant capacity, reducing sugars and anthocyanins were determined in the peel and pulp of the elderberry (*Sambucus peruviana*) in three stages of maturity (green, green ripe and mature) in the province of Chachapoyas. To obtain the total phenols, the Folin Ciocalteu method was applied, for the antioxidant capacity the methods (DPPH and ABTS) were used, the Miller method (DNS) was applied at 540 nm for reducing sugars and for anthocyanins the method differential pH. The results specify that the peel of the elderberries in the green state showed a higher concentration of total phenols and antioxidant capacity, being the respective values of, 95.7333 mg equivalent to gallic acid for phenols, 20.6563 (umol TE / g) for the capacity antioxidant with the ABTS method and 2361.9236 (mg Trolox / g) with the DPPH method. Regarding reducing sugars, a higher concentration was found in the pulp of elderberries in the mature state, equivalent to 30.5366 mg / g, while the total anthocyanins were found in the rind of elderberries in the mature state, equivalent to 2930.6543 mg / 100 g sample. These results obtained allowed to show that the effect of the degree of maturity is decisive in the content of total phenols, antioxidant capacity, reducing sugars and total anthocyanins of elderberries.

**Key words:** antioxidant capacity, state of maturity, elderberry (*Sambucus peruviana*)

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los productos industrializados con compuestos bioactivos que se encuentran en las frutas y verduras son preferidos por la mayoría de los consumidores, por esta razón, el estudio de los compuestos bioactivos viene aumentando cada año ya que estos son importantes en la prevención de la salud. Estudios realizados a residuos de las frutas como: tallos, semillas, bagazo y cáscaras, han presentado compuestos bioactivos beneficiosos para la salud de las personas (Paula et al. 2017). Las propiedades curativas que posee el sauco se debe a que contiene gran cantidad de fenoles, antioxidantes, ácidos y antocianinas, ya que estos compuestos son reconocidos por su captación de radicales libres y ayudan a la protección del cuerpo humano contra procesos de estrés oxidativo y peroxidación lipídica (Smith et al., 2014). Aparte de ayudar con la salud, tiene un creciente interés en la industria alimentaria como uso de nuevos aditivos naturales para la formulación de alimentos (Domínguez et al., 2019). Las diversas formas de extracción halladas en bibliografías aplicadas a las bayas del sauco a veces no están óptimas para conseguir la cantidad máxima de los metabolitos secundarios, existen muchos factores implicados en un proceso de extracción (temperatura, como pH, cantidad de materiales, tiempo de extracción y tipo de solvente) (Bezerra et al., 2008).

Corrales et al. (2015) estudiaron la capacidad antioxidante y fenoles totales de la uchuva en tres grados de madurez. Los compuestos fenólicos variaron de 66.5 a 59.2 mg equivalente de ácido gálico / 100g peso seco, encontrando bastante concentración de fenoles totales en las muestras en estado verde, el contenido de capacidad antioxidante en estado maduro fue mayor obteniendo la cantidad de (284.3 micromoles equivalentes Trolox / 100g peso seco). Estos compuestos fueron determinados con los métodos de Folin Ciocalteu y el DPPH.

Villacorta et al. (2016) estudiaron los frutos de sauco y pushgay provenientes de la zona de Cajamarca. para cuantificar fenoles, antocianinas y la capacidad antioxidante mediante las técnicas Folin Ciocalteu, pH diferencial y el ABTS. Las muestras que utilizaron fueron las pulpas de las frutas. Logrando obtener la cantidad de 464.4 y 427.7 mg EAG / 100g peso seco para fenoles totales, la cantidad 140.4 y 120.3 mg para las antocianinas y la cantidad 132 .6 mg para la capacidad antioxidante.

Con la finalidad de conocer la influencia del estado de madurez de las bayas de sauco se determinó las diferentes propiedades bioactivas de la materia prima, para utilizar sosteniblemente este fruto en diferentes aplicaciones.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Muestras**

Para esta investigación se utilizó el sauco en sus tres estados de madurez (verde, pintón y maduro) el cual fue adquirido en el distrito de Chachapoyas. Un kilogramo de cada muestra, se colocó en bolsas herméticas y posteriormente se transportó hasta el Laboratorio de química ubicada en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas (UNTRM), en el cual fueron seleccionados de acuerdo al tamaño y los que no contenían daños físicos visibles, fueron lavados y mantenidos bajo congelación a -18 °C para su posterior evaluación.

### **2.2. Obtención de extractos**

#### **2.2.1. Extracto etanólico**

Se pesó un gramo de cada muestra triturada y se añadió 9 ml de una mezcla de etanol-agua ultra pura (50:50 v/v) conforme a lo expuesto por Fu et al. (2011), para el proceso de extracción se homogenizó la muestra en un vortex por 5 minutos, posteriormente se colocó en una centrifuga por 30 minutos a 4200 rpm/min, luego se procedió a realizar el filtrado, el sobrenadante se colocó en tubos de ensayo de plástico con tapa hermética, se envolvió con papel aluminio y se colocó a refrigeración para su posterior análisis. Este procedimiento se aplicó para las muestras de sauco en sus tres estados de madurez tanto de la cáscara como de la pulpa.

#### **2.2.2. Extracto metanólico**

Se pesó un gramo de cada muestra triturada y se añadió 9 ml de metanol conforme a lo expuesto por Fu et al. (2011), para el proceso de extracción se agitó la muestra en un vortex por 5 minutos, posteriormente se colocó en una centrifuga por 30 minutos a 4200 rpm/min, luego se procedió a realizar el filtrado el sobrenadante fue colocado en tubos de plástico con tapa hermética, se envolvió con papel aluminio y se colocó a refrigeración para su posterior análisis.

Este procedimiento se aplicó para las muestras de sauco en sus tres estados de madurez tanto de la cáscara como de la pulpa.

### **2.3. Determinación del contenido de fenoles totales**

Para determinar los fenoles totales se aplicó el método de (Singleton & Rossi, 1965). En un tubo de ensayo se colocaron 0.05 ml de muestra y 0.45 ml de agua ultra pura con 2.5 ml de Folin-Ciocalteu (10%). En seguida se adicionaron 2 ml de carbonato de sodio al 7.5% (p / v), para el blanco se utilizó agua ultra pura. Posteriormente la mezcla se colocó en la estufa a 50 °C por 5 minutos y se tomó la lectura a 760 nm en el espectrofotómetro. El contenido de fenoles totales se avaluó a partir de una curva estándar de ácido gálico en las mismas condiciones. A partir de la ecuación de la recta obtenida en la curva patrón ( $Y = 0.045X + 0.0377$ ,  $R^2 = 0.9948$ ) se realizó el cálculo del contenido de fenoles totales. Se realizó por cuadruplicado.

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

La capacidad antioxidante se determinó utilizando los métodos de DPPH y ABTS.

#### **2.4.1. Método DPPH**

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método desarrollado por Brand et al. (1995); se preparó la curva de calibración utilizando una solución estándar trolox (2000  $\mu$ M). Para ello se preparó en matraces volumétricos de 10 mL, variando la concentración de 100  $\mu$ M a 1500  $\mu$ M. Se representaron gráficamente las concentraciones de Trolox ( $\mu$ M). En un tubo de ensayo se mezcló una alícuota de 30  $\mu$ l de extracto de sauco con 3 ml de DPPH y se homogeneizó en el vortex por 30 s. La mezcla se dejó reposar por 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad. Se utilizó alcohol etílico como blanco para calibrar el espectrofotómetro. La lectura se realizó a 517 nm.

#### **2.4.2. Método ABTS**

La capacidad antioxidante se determinó de acuerdo al método propuesto por Re et al. (1999). El radical ABTS $\bullet$ + se obtuvo mediante

la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM). La mezcla fue incubada por 16 h, a temperatura ambiente y ausencia de la luz. obtenido el radical ABTS•+ se disolvió con etanol hasta lograr un valor de absorbancia desde 0.700 ( $\pm 0.1$ ) a 734 nm. En un tubo de ensayo se mezcló una alícuota de 30  $\mu$ l de extracto de saúco con 3 ml de ABTS y se homogeneizó en el vortex por 30 s. La mezcla se dejó reposar, en la oscuridad a temperatura ambiente por 6 minutos y se hizo la lectura a 734 nm. La curva patrón se construyó con valores de 0 a 2000  $\mu$ mol de Trolox, obtenida la recta de la curva ( $y = -0.0003x + 0.7605$ ;  $R^2 = 0.9804$ ) se realizó el cálculo de la capacidad antioxidante.

## **2.5. Determinación de azúcares reductores**

Los azúcares reductores del sauco se determinaron utilizando el método de Miller (1999) donde obtuvimos una curva patrón utilizando glucosa como estándar, preparados con 20 ml de tampón de acetato y 20 ml de glucosa, a estas soluciones se les aplicó el método DNS y se midió la absorbancia de cada una de ellas en el espectrofotómetro a 540 nm. Para lo cual, se tomó 1ml de cada muestra de saúco y se diluyó con 9ml de agua ultra pura, luego de cada tubo con dilución de agua ultra pura y muestra se sacó 1ml de muestra y se añadió 1ml de (DNS), posteriormente se colocó la muestra en un vaso con agua en ebullición por 5 min, una vez transcurrido los 5 min se enfrió en un baño con agua a corriente y se agregó 5ml de agua ultra pura y se tomó la lectura a 540 nm. Para el blanco se realizó el mismo tratamiento con agua ultra pura. Leyendo la absorbancia de cada una de las muestras. La curva patrón se construyó con valores de 0 a 1, obtenida la recta de la curva ( $y = -0.5125x$ ;  $R^2 = 0.9316$ ) se realizó el cálculo de los azúcares reductores.

## **2.6. Cuantificación de antocianinas**

La determinación de antocianinas se realizó aplicando el método de pH diferencial, donde se preparó dos soluciones buffer de cloruro de potasio/ ácido clorhídrico a pH 1.0 (0.025M) y acetato de sodio/ ácido clorhídrico a pH 4.5 (0.4M). Obtenidos los buffers se agregó una alícuota (0.3 ml) de la muestra de sauco y se diluyó con pH 1.0 (tampón de cloruro de potasio, 9.7

ml) y luego con las soluciones de pH 4.5 (tampón de acetato de sodio, 9.7 ml) respectivamente, y se dejó reaccionar por 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad (Jiang et al., 2019). Las absorbancias de cada muestra fueron leídas a 510 nm y 700 nm. La absorbancia final se calculó con la ecuación:  $A = (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$ . (Vargas et al., 2018).

## **2.7. Determinación del Color**

El color se determinó de acuerdo al color del fruto de sauco en sus tres estados de madurez, con la ayuda de un colorímetro, siguiendo las instrucciones del manual del equipo. Expresado en el espacio cromático CIELAB. Siguiendo la metodología propuesta por Torres et al. (2012).

## **2.8. Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de varianza o prueba F donde se determinó la diferencia estadística, identificados sus componentes que fueron los efectos principales, se analizó el efecto del estado de madurez en el contenido de compuestos bioactivos de sauco. También se empleó la prueba Tukey al nivel de  $p < 0.05$  de significancia los resultados fueron procesados mediante el Software SPSS Statistics 22.

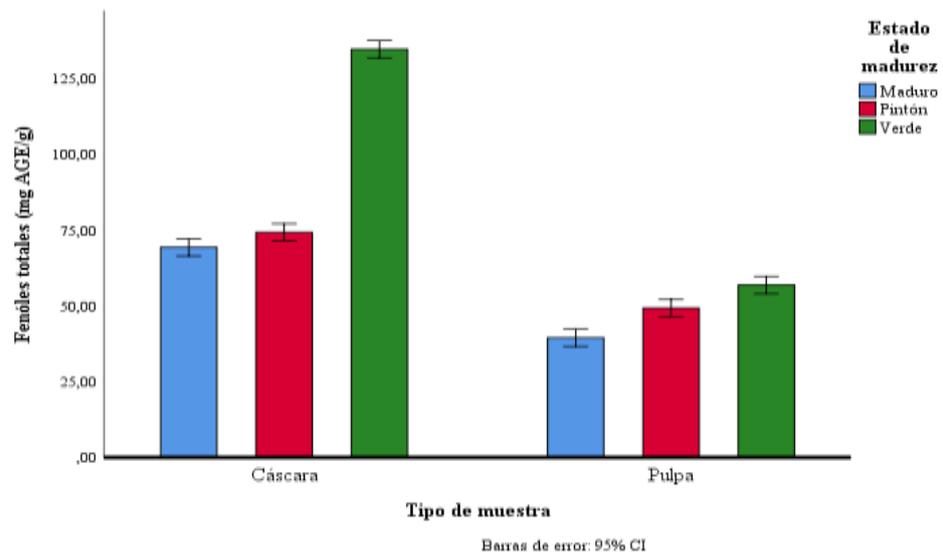
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Fenoles totales del sauco en sus tres estados de madurez

En la figura 1, se puede apreciar que existe diferencia significativa en el contenido de fenoles totales en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la cáscara y en estado verde de las bayas. Siendo la pulpa del estado maduro estadísticamente menor.

**Figura 1**

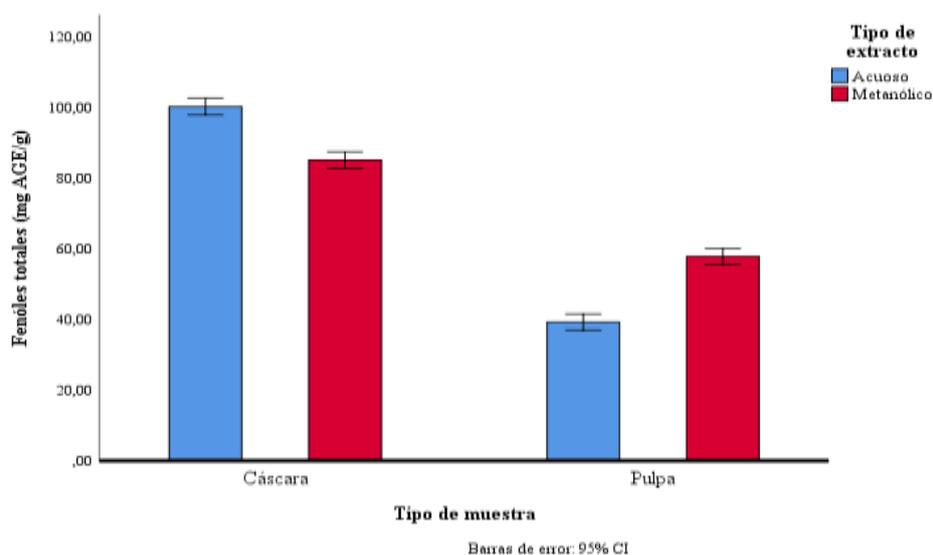
*Contenido de fenoles totales en la cáscara y la pulpa en tres estados de madurez de las bayas de sauco.*



En la figura 2, se muestra los fenoles totales presentes en la cáscara y la pulpa del sauco extraídos con dos extractos (acuoso y metanólico), donde podemos afirmar que existe diferencia significativa en el contenido de fenoles totales en los tres estados de madurez de las bayas de sauco según el tipo de extracto, logrando un mayor contenido de fenoles totales en la cáscara con extracto acuoso.

**Figura 2**

*Contenido de fenoles totales de la cáscara y pulpa de las bayas de sauco según tipo de extracto.*



### 3.2. Prueba de sujetos homogéneos del contenido de fenoles totales

En la tabla 1, se puede apreciar que existe diferencia significativa en el contenido de fenoles totales en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, siendo la cáscara y en estado verde el que contiene mayor cantidad de fenoles totales siguiéndole el pintón y por último el maduro.

**Tabla 1**

*Contenido de fenoles totales de sauco en tres estados de madurez de las bayas de sauco.*

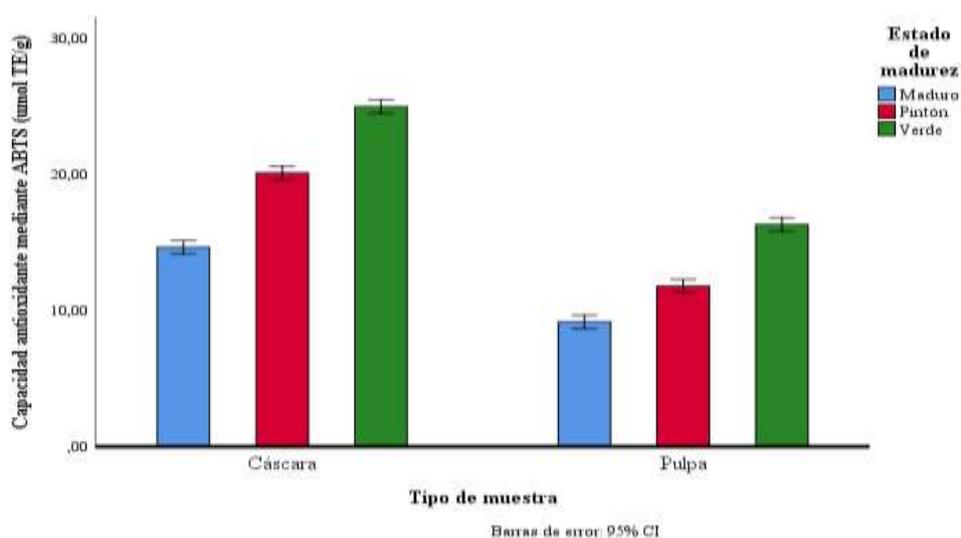
<b>Fenoles totales (mg AGE/g)</b>				
<b>HSD Tukey a,b</b>				
<b>Estado de madurez</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Maduro	16	54.3583		
Pintón	16		61.7472	
Verde	16			95.7333
Sig.		1.000	1.000	1.000

### 3.3. Actividad antioxidante del sauco con el método ABTS (umol TE/g)

En la figura 3, se muestra la capacidad antioxidante mediante ABTS de sauco en tres estados de madurez presentes en la cáscara y la pulpa de las bayas donde podemos apreciar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la cáscara del estado verde de las bayas.

**Figura 3**

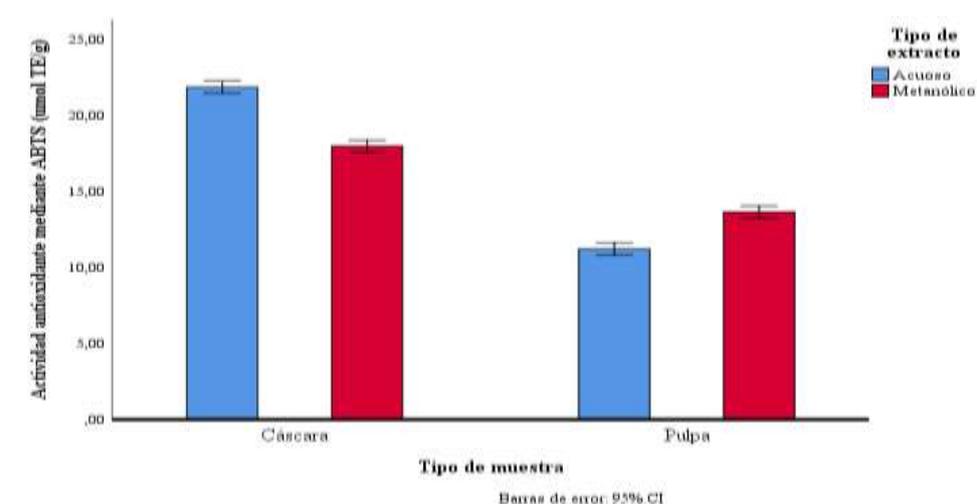
*Capacidad antioxidante mediante ABTS (umol TE/g) del sauco en tres estados de madurez según el tipo de muestra.*



En la figura 4, se muestra la capacidad antioxidante mediante ABTS de las bayas de sauco en tres estados de madurez de la cáscara y la pulpa de las bayas extraídos con dos tipos de extracto (acuoso y metanólico) donde podemos afirmar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez según el tipo de extracto, logrando un mayor contenido en la cáscara con extracto acuoso.

**Figura 4**

*Capacidad antioxidante mediante ABTS del sauco de la cáscara y pulpa según el tipo de extracto.*



### 3.4. Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante ABTS (umol TE/g)

En la tabla 2, se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la cáscara y en estado verde de las bayas

**Tabla 2**

*Sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante ABTS del sauco en tres estados de madurez.*

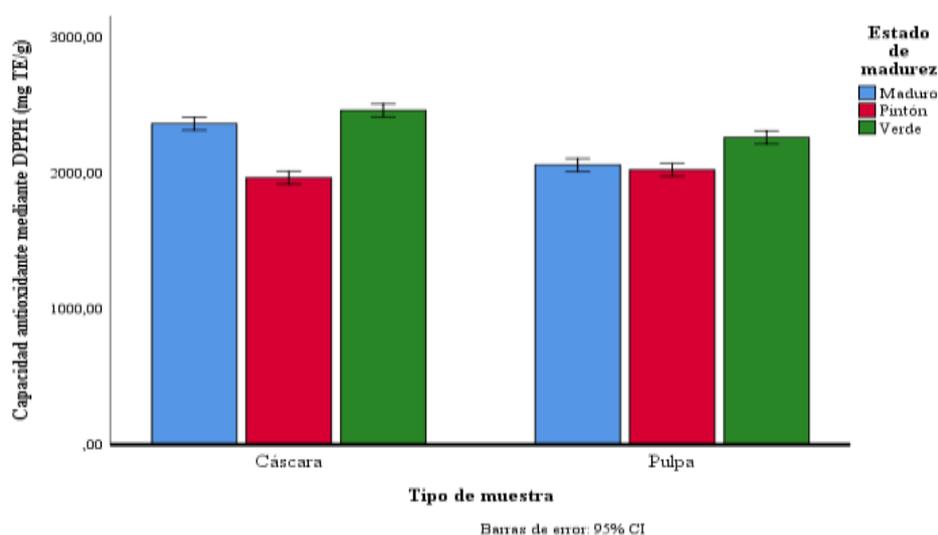
		ABTS (umol TE/g)		
HSD Tukeya,b		Subconjunto		
Estado de madurez	N	1	2	3
Maduro	16	11.9083		
Pintón	16		15.9604	
Verde	16			20.6563
Sig.		1.000	1.000	1.000

### 3.5. Capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g)

En la figura 5, se muestra la capacidad antioxidante mediante DPPH del sauco en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra (cáscara y pulpa), donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, siendo la cáscara en estado verde ligeramente mayor a la pulpa.

**Figura 5**

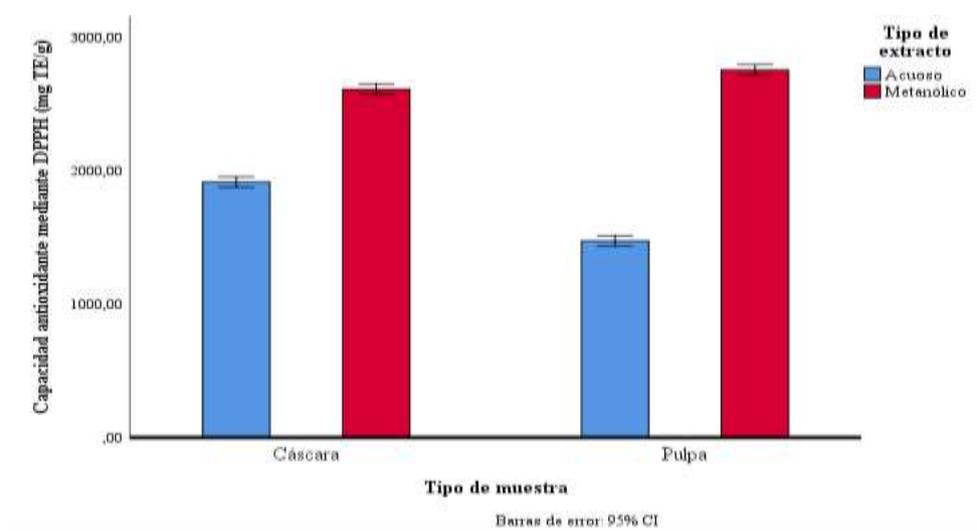
*Capacidad antioxidante mediante DPPH del sauco en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra.*



En la figura 6, se muestra la capacidad antioxidante mediante DPPH de las bayas de sauco en tres estados de madurez según el tipo de muestra (cáscara y pulpa) extraídos con dos tipos de extracto (acuoso y metanólico) donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez de las bayas de sauco según el tipo de extracto, siendo la pulpa con extracto metanólico ligeramente mayor a la cáscara.

**Figura 6**

*Capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g) del sauco según el tipo de muestra y el tipo de extracto.*



### 3.6. Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de capacidad antioxidante mediante DPPH (mg Trolox/g)

En la tabla 3, se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de capacidad antioxidante en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la cáscara y en estado verde de las bayas.

**Tabla 3**

*Sujetos homogéneos del contenido capacidad antioxidante mediante DPPH del sauco según su estado de madurez.*

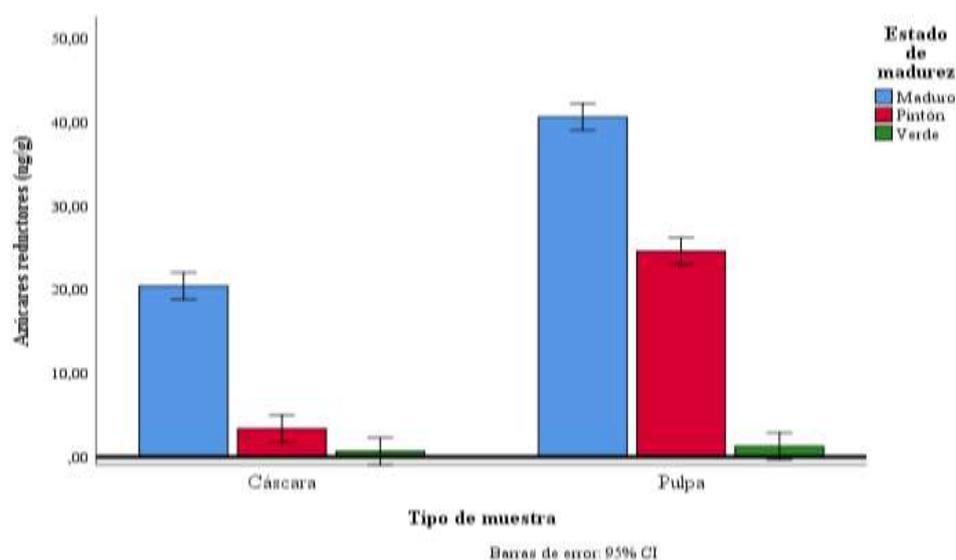
<b>DPPH (mg Trolox/g)</b>				
<b>HSD Tukeya,b</b>				
<b>Estado de madurez</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Pintón	16	1994.7604		
Maduro	16	2211.3678		
Verde	16	2361.9236		
Sig.		1.000	1.000	1.000

### 3.7. Azúcares reductores (mg/g)

En la figura 7, se muestra la cantidad de azúcares reductores del sauco en sus tres estados de madurez según la muestra, donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de azúcares reductores en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la pulpa y en estado maduro.

**Figura 7**

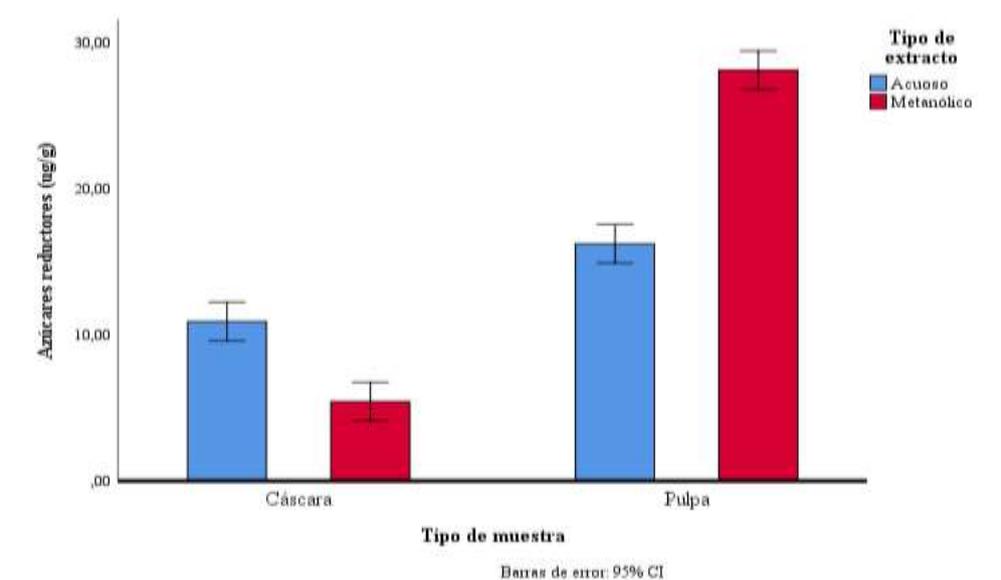
*Azúcares reductores (mg/g) en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra.*



En la figura 8, se muestra la cantidad de azúcares reductores del sauco según el tipo de extracto de la muestra donde podemos afirmar que existe diferencia significativa en el contenido de azúcares reductores de las bayas de sauco según el tipo de extracto, logrando un mayor contenido en la pulpa con extracto metanólico.

**Figura 8**

*Azúcares reductores del sauco de la cáscara y la pulpa con extracto acuoso y metanólico.*



### **3.8. Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de azúcares reductores (mg/g)**

En la tabla 4, se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de azúcares reductores en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en estado maduro de las bayas.

**Tabla 4**

*Sujetos homogéneos del contenido de azúcares reductores del sauco en sus tres estados de madurez.*

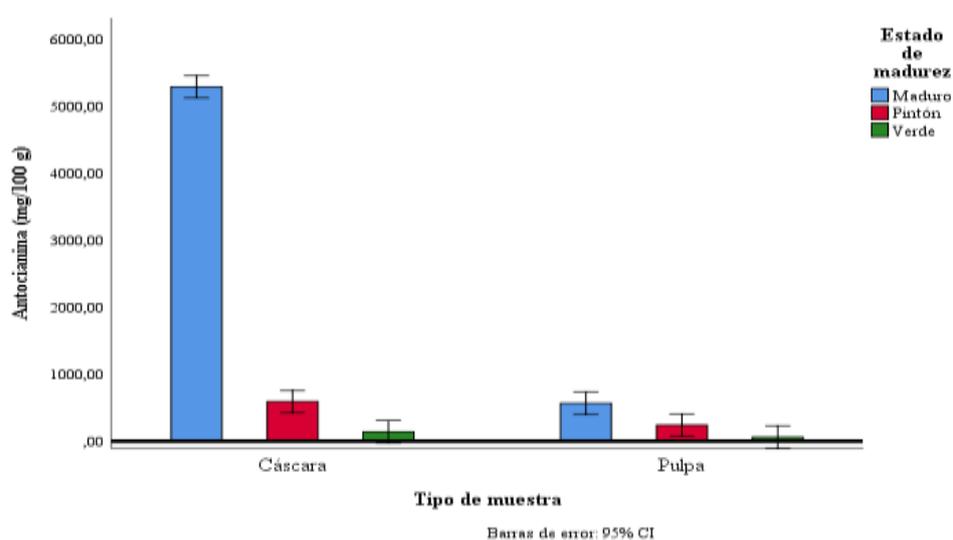
<b>Azúcares reductores (mg/g)</b>				
<b>HSD Tukeya,b</b>				
<b>Estado de madurez</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Verde	16	0.9878		
Pintón	16		13.9878	
Maduro	16			30.5366
Sig.		1.000	1.000	1.000

### 3.9. Cantidad de Antocianinas (mg/100 g)

En la figura 9, se muestra la cantidad de Antocianinas del sauco en sus tres estados de madurez según el tipo de muestra (cáscara y pulpa), donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de antocianinas totales en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en la cáscara y en estado maduro de las bayas.

**Figura 9**

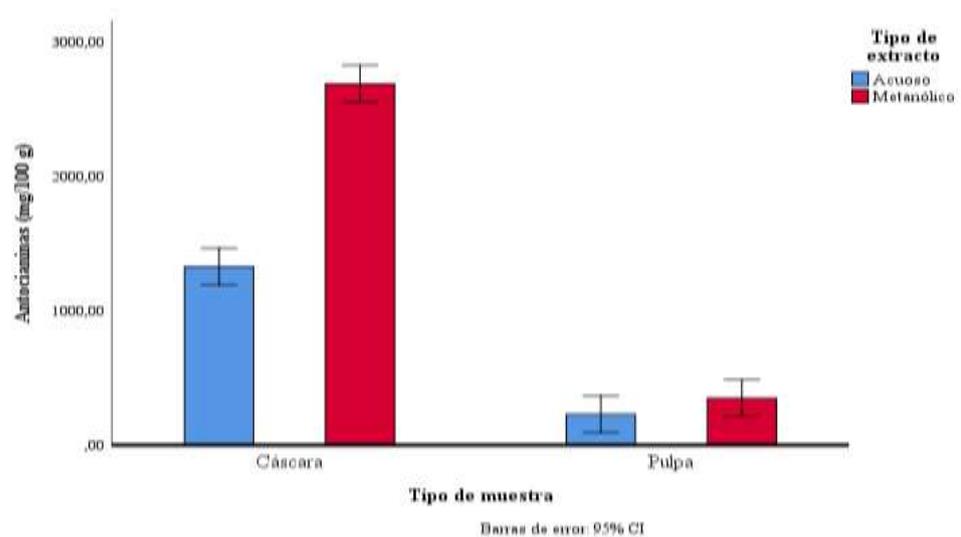
*Antocianinas del sauco en sus tres estados de madurez en la cáscara y pulpa.*



En la figura 10, se muestra la cantidad de antocianinas del sauco según el tipo de extracto y el tipo de muestra, donde podemos afirmar que existe diferencia significativa en el contenido de antocianinas de las bayas de sauco según el tipo de extracto, logrando un mayor contenido en la cascara con extracto metanolico.

**Figura 10**

*Cantidad de antocianinas del sauco de la cáscara y pulpa según el tipo de extracto*



### 3.10. Prueba Tukey de sujetos homogéneos del contenido de antocianinas (mg/100 g)

En la tabla 5, se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos donde podemos observar que existe diferencia significativa en el contenido de antocianinas en los tres estados de madurez de las bayas de sauco, logrando un mayor contenido en estado maduro de las bayas.

**Tabla 5**

*Sujetos homogéneos del contenido de antocianinas del sauco en sus tres estados de madurez.*

<b>Antocianinas (mg/100 g)</b>				
<b>HSD Tukey a,b</b>				
<b>Estado de madurez</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Verde	16	101.2370		
Pintón	16		415.3848	
Maduro	16			2930.6543
Sig.		1.000	1.000	1.000

### 3.11. Color

**Tabla 6**

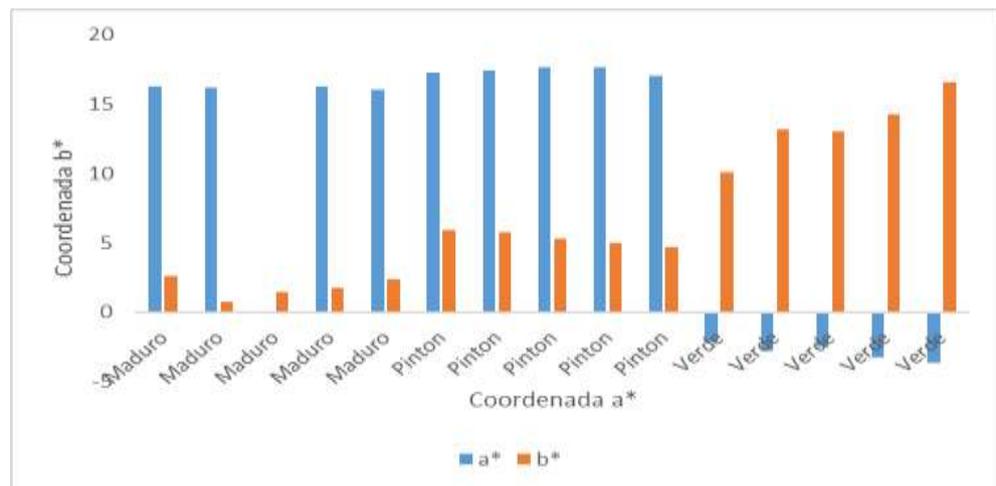
*Valores del color determinados con el CIELAB de las bayas de sauco en diferentes estados de madurez.*

<b>Estado fruta</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Luminosidad (L*)</b>	<b>Tonalidad (h*)</b>	<b>Pureza (C*)</b>
Maduro	20.85	16.24	2.63	20.85	0.160551928	16.45158047
Maduro	19.55	16.14	0.77	19.55	0.047671414	16.15835697
Maduro	20.9	16.40	1.42	20.9	0.086369956	16.46136082
Maduro	21.03	16.27	1.79	21.03	0.109577745	16.36817033
Maduro	20.06	15.97	2.36	20.06	0.146715239	16.1434352
Pintón	19,82	17.22	5.95	19,82	0.33268572	18.21897088
Pintón	19,46	17.41	5.73	19,46	0.317954851	18.32869335
Pintón	18.99	17.63	5.32	18.99	0.293069193	18.4151921
Pintón	18.63	17.61	4.98	18.63	0.275597571	18.30061474
Pintón	18.51	16.99	4.71	18.51	0.270430714	17.63077423
Verde	31.91	-2.05	10.09	31.91	178.6296468	10.29614491
Verde	32.28	-2.78	13.15	32.28	178.6375429	13.44064359
Verde	32.66	-2.5	13.01	32.66	178.6190494	13.24802249
Verde	31.67	-3.2	14.27	31.67	178.649801	14.624394
Verde	33.04	-3.66	16.51	33.04	178.6473595	16.91081607

En la figura 11, se muestra el color de las bayas de sauco en tres estados de madurez expresada en los parámetros CIELAB  $L^*$  (Luminosidad)  $a^*$  (componente rojo-verde) y  $b^*$  (componente amarillo – celeste) donde podemos ver que, el verde presenta un valor negativo  $a^*$ , lo que nos indica que este estado se situará en el segundo cuadrante del espacio de color CIELAB, mientras que el maduro está más cerca de 0, esto quiere decir que el color del maduro es más oscuro que los demás.

**Figura 11**

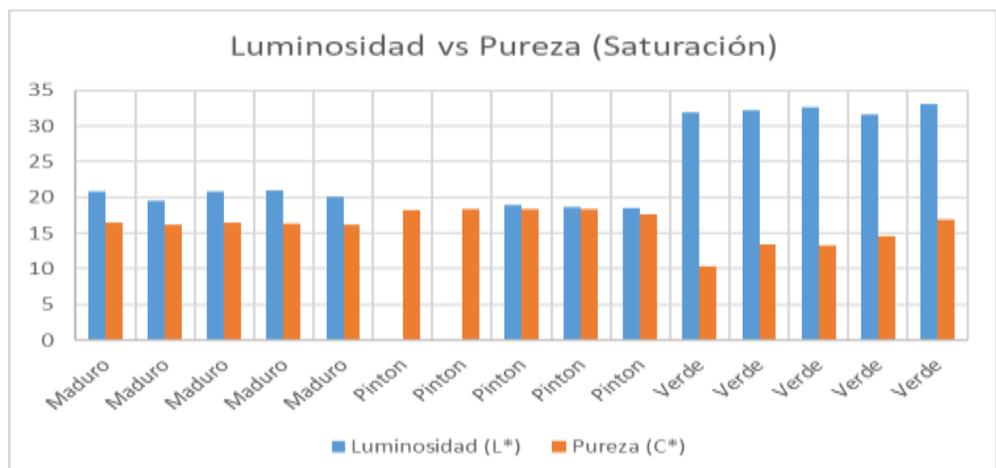
*Color de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez.*



En la figura 12, se muestra la luminosidad y pureza de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez donde podemos observar que la baya en estado verde es más luminosa y que el pinton y el maduro presenta una similar pureza del color

**Figura 12**

*Color de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez.*



#### IV. DISCUSIÓN

La cáscara en estado verde de las bayas de sauco presentó mayor cantidad de fenoles totales y capacidad antioxidante, mostrando que los fenoles totales están correlacionados con la capacidad antioxidante, esto se debe a que, el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante disminuyen con la maduración de las bayas de sauco. Según Correa et al. (2011) la reducción del contenido de fenoles totales se debe a los cambios internos que sufre la fruta durante la maduración que promueven la polifenol oxidasa (PPO) y otras enzimas catabólicas. Dichos autores también mencionan que, a pesar de la rápida reducción de los fenoles totales durante la maduración, siguen siendo una excelente fuente de estos compuestos comparado con frutas de consumo común, tales como las fresas, frambuesa, ciruela, uva y arándano también reconocidas por su alto contenido de fenoles totales.

La pulpa en estado maduro de las bayas de sauco presentó mayor contenido de azúcares reductores equivalentes a 30.5366mg/g a diferencia del estado pintón con 13.9878 mg/g y verde con 0.9878mg/g que presentaron menos azúcares reductores, esto se debe a que, al iniciarse el proceso de maduración, los frutos se tornan rojizos ya que en las células de la pulpa se sintetiza un pigmento rojo azulado predominante en las bayas de sauco, la cianidina. A partir de esto el contenido de azúcares reductores aumenta con la maduración ya que el almidón de las bayas de sauco se convierte en azúcares (glucosa y fructosa). (Ubois et al., 1956).

La cáscara de sauco en estado maduro presentó mayor cantidad de antocianinas con 2930.6543 mg/100 g, siguiéndole el estado pintón con 415.3848 mg/100 g y el verde con 101.2370 mg/100 g, esto se debe a que el cambio de color de las bayas de sauco en la maduración incrementa la cantidad de antocianinas totales debido a la presencia del etileno (Kalt, 2005). Los resultados obtenidos confirman que el color intenso de la cáscara del sauco en estado maduro se relaciona con los altos contenidos de antocianinas totales (2930.6543 mg / 100 g muestra).

## V. CONCLUSIÓN

El efecto del grado de madurez de las bayas del sauco influyó de manera significativa a la hora de determinar los compuestos bioactivos, mostrando mayor cantidad de fenoles totales y capacidad antioxidante en la cáscara del estado verde de las bayas, mientras que los azúcares reductores presentaron mayor cantidad en la pulpa del estado maduro y las antocianinas en la cáscara del estado maduro, por lo que las bayas de sauco en cualquier estado de madurez tiene potencial para obtener productos industrializados de alta calidad y que su consumo en estado maduro puede proporcionar beneficios nutricionales para la salud de los consumidores.

Las bayas de sauco en tres estados de madurez, demostraron ser ricos en compuestos bioactivos que les confieren a las bayas una elevada cantidad de fenoles, capacidad antioxidante, azúcares reductores y antocianinas respecto a frutos consumidos comúnmente.

## **VI. RECOMENDACIÓN**

Debido a la alta concentración de compuestos bioactivos del sauco encontrados en esta investigación se recomienda el consumo de las bayas de sauco y su uso en la industria alimentaria.

Realizar estudios con otros métodos y técnicas para determinar compuestos bioactivos del sauco.

El sauco se debe recolectar en los meses de febrero y marzo ya que su maduración es rápida y los fruto suelen caerse al piso y consumido por los pájaros.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Adame, B., Corpus, G., Femenia, A., & Fuentes, M. (2019). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos obtenidos con ultrasonido de potencia a partir de mezclas de Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) y pasta prensada de uva. 4, 826-833.
- Bagchi D, Sen CK, Bagchi M y Atalay M. 2004. *Biochemistry Moscow* (69).
- Barrios De león Jaime Orlando. (2007). Efectos sobre las características físicas y químicas de frutos de arándano cv. Eliot (*Vaccinium corymbosum* L.) bajo mallaje de sombra para el control de la madurez. [Tesis de postgrado]. Valdivia: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Bezerra, M. A., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S., Escalera, E. A., & Escalera, L. A. (2008). Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta*, 76(5), 965–977. Cruz-Zúñiga, J. M., Soto-Valdez,
- Corrales-Bernal, A., A.I. Vergara, B. Rojano, E. Yahia y M.E. Maldonado. 2015. Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (*Physalis peruviana* L.) en tres estadios de su maduración. *Archivos Latinoamericanos de Nutición* 65(4): 254-262.
- Correa-Betanzo, J., Jacob, J. K., Perez-Perez, C., & Paliyath, G. (2011). Effect of a sodium caseinate edible coating on berry cactus fruit (*Myrtillocactus geometrizans*) phytochemicals. *Food Research International*, 44(7), 1897–1904.
- Deng, G. F., Lin, X., Xu, X. R., Gao, L. L., Xie, J. F., & Li, H. B. (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *Journal of functional foods*, 5(1), 260-266.
- Domínguez, R., Gullón, P., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). Tomato as potential source of natural additives for

meat industry. A review. *Antioxidants*, 9(1), 73.  
<https://doi.org/10.3390/antiox9010073>.

Fu, Li et al. 2011. "Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents of 62 Fruits." 129: 345–50.

Guzmán-Maldonado, S. H., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso-Camacho, R., GuzmánTovar, A., Vaillant, F., & Brat, P. (2010). Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. *Food Chemistry*, 121(2), 381–386.

Guevara, L., & Alvarado, D. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate. *Avances De Investigacion Agropecuaria*, 18(1), 51–66.

Jiang, T., Mao, Y., Sui, L., Yang, N., Li, S., Zhu, Z., ... He, Y. (2019). Degradation of anthocyanins and polymeric color formation during heat treatment of purple sweet potato extract at different pH. *Food Chemistry*, 274, 460-470. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.141>

MILLER, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.Chem.* 31: 426-428.

Ortíz, A. M., Reza, V. M. del C., Chew, M. R. G., & Meza, V. J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista Biotecnia*, XIII(2), 16-22.

Paula, A., Fonseca, D., Luiza, A., Pereira, D., Fernández, G., & Martínez, J. (2017). Recovery of anthocyanins from residues of *Rubus fruticosus*, *Vaccinium myrtillus* and *Eugenia brasiliensis* by ultrasound assisted extraction, pressurized liquid extraction and their combination. *Food Chemistry*, 231, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.060>

- Pantelidis, G E, M Vasilakakis, G A Manganaris, and Gr Diamantidis. 2007. "Food Chemistry Antioxidant Capacity, Phenol, Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries, Blackberries, Red Currants, Gooseberries and Cornelian Cherries." 102: 777–83.
- Pérez-jiménez, Jara. 2007. "Metodologia Científica: Determinação Da Atividade Antioxidante Total Em Frutas Pela Captura Do Radical Livre. ": 3–6.
- Seabra, I. J., Braga, M. E. M., Batista, M. T., & De Sousa, H. C. (2010). Effect of solvent (CO<sub>2</sub>/ethanol/H<sub>2</sub>O) on the fractionated enhanced solvent extraction of anthocyanins from elderberry pomace. *Journal of Supercritical Fluids*, 54(2), 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.05.001>
- Smith, R.; K. (2014) Elderberry juice composition and health benefits, in *Fruit Juices: Types, Nutritional Composition and Health Benefits*, by Katherlyn Elizabeth Elder, Editors, Nova Science Publishers, Cap 1, pp:1-20 ISBN 978-1-63321-135-3
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Talens Oliag, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.
- Torres, R., E. Montes, O. Pérez y R.D. Andrade, Influencia del estado de madurez sobre las propiedades viscoelásticas de frutas tropicales (mango, papaya y plátano), *Información Tecnológica*, 23(5),115-124 (2012)
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical cation decolorization assay, 26(98), 1231–1237.

- Ubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; RoBers, P.A.; Smith, F. (1956). Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Anal. Biochem.* 28: 350-356.
- Vargas-León, E. A., Díaz-Batalla, L., González-Cruz, L., Bernardino-Nicanor, A., Castro-Rosas, J., Reynoso-Camacho, R., & Gómez-Aldapa, C. A. (2018). Effects of acid hydrolysis on the free radical scavenging capacity and inhibitory activity of the angiotensin converting enzyme of phenolic compounds of two varieties of jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products*, 116, 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.044>
- Villacorta, L., Infante, F., & Vásquez, C. (2016). Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas. *pueblo continente*, 209-214.

## ANEXOS

### Anexo 1. Prueba multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1.000	20128.173	5.000	32.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.000	20128.173	5.000	32.000	0.000
	Traza de Hotelling	3145.027	20128.173	5.000	32.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	3145.027	20128.173	5.000	32.000	0.000
Tipo de muestra	Traza de Pillai	0.992	825.479	5.000	32.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.008	825.479	5.000	32.000	0.000
	Traza de Hotelling	128.981	825.479	5.000	32.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	128.981	825.479	5.000	32.000	0.000
Estado de madurez	Traza de Pillai	1.956	296.841	10.000	66.000	0.000
	Lambda de Wilks	0.000	433.408	10.000	64.000	0.000
	Traza de Hotelling	203.431	630.636	10.000	62.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	178.057	1175.177	5.000	33.000	0.000
Tipo de extracto	Traza de Pillai	0.989	574.756	5.000	32.000	0.000

	Lambda de Wilks	0.011	574.756	5.000	32.000	0.000
	Traza de Hotelling	89.806	574.756	5.000	32.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	89.806	574.756	5.000	32.000	0.000
Tipo de muestra *	Traza de Pillai	1.916	151.411	10.000	66.000	0.000
Estado de madurez	Lambda de Wilks	0.001	159.125	10.000	64.000	0.000
	Traza de Hotelling	53.880	167.027	10.000	62.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	37.510	247.567	5.000	33.000	0.000
Tipo de muestra *	Traza de Pillai	0.962	161.900	5.000	32.000	0.000
Tipo de extracto	Lambda de Wilks	0.038	161.900	5.000	32.000	0.000
	Traza de Hotelling	25.297	161.900	5.000	32.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	25.297	161.900	5.000	32.000	0.000
Estado de madurez *	Traza de Pillai	1.693	36.378	10.000	66.000	0.000
Tipo de extracto	Lambda de Wilks	0.023	35.446	10.000	64.000	0.000
	Traza de Hotelling	11.130	34.504	10.000	62.000	0.000

	Raíz mayor de Roy	6.157	40.636	5.000	33.000	0.000
Tipo de muestra *	Traza de Pillai	1.540	22.100	10.000	66.000	0.000
Estado de madurez *	Lambda de Wilks	0.029	31.313	10.000	64.000	0.000
Tipo de extracto	Traza de Hotelling	13.971	43.309	10.000	62.000	0.000
	Raíz mayor de Roy	12.374	81.670	5.000	33.000	0.000

**Anexo 2.** Prueba de efecto inter sujetos sobre el contenido de fenoles, actividad antioxidante azúcares reductores y antocianinas en los tratamientos.

<b>Origen</b>		<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Modelo corregido	Fenoles totales (mg AGE/g)	50846.490	11	4622.408	291.235	0.000
	ABTS (umol TE/g)	1510.005	11	137.273	295.672	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	14653722.035	11	1332156.549	298.521	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	12973.459	11	1179.405	234.434	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	188704973.026	11	17154997.548	313.866	0.000
Intersección	Fenoles totales (mg AGE/g)	239337.146	1	239337.146	15079.450	0.000
	ABTS (umol TE/g)	12558.270	1	12558.270	27049.224	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	230076285.962	1	230076285.962	51557.386	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	11047.253	1	11047.253	2195.894	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	63379797.194	1	63379797.194	1159.590	0.000
Tipo de muestra	Fenoles totales (mg AGE/g)	23408.333	1	23408.333	1474.843	0.000
	ABTS (umol TE/g)	672.502	1	672.502	1448.501	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	264201.272	1	264201.272	59.204	0.000

	Azúcares reductores (ug/g)	2352.000	1	2352.000	467.514	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	35471470.150	1	35471470.150	648.982	0.000
Estado de madurez	Fenóles totales (mg AGE/g)	15581.558	2	7790.779	490.858	0.000
	ABTS (umol TE/g)	613.313	2	306.657	660.507	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	1090104.776	2	545052.388	122.140	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	7018.627	2	3509.314	697.556	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	76964649.294	2	38482324.647	704.068	0.000
Tipo de extracto	Fenóles totales (mg AGE/g)	37.140	1	37.140	2.340	0.135
	ABTS (umol TE/g)	6.116	1	6.116	13.172	0.001
	DPPH (mg Trolox/g)	11731891.104	1	11731891.104	2628.979	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	123.130	1	123.130	24.475	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	6564478.448	1	6564478.448	120.103	0.000
Tipo de muestra *	Fenóles totales (mg AGE/g)	6804.747	2	3402.373	214.367	0.000
Estado de madurez	ABTS (umol TE/g)	24.312	2	12.156	26.182	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	278935.559	2	139467.779	31.253	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	1077.792	2	538.896	107.118	0.000

	Antocianinas (mg/100 g)	54379086.820	2	27189543.410	497.457	0.000
Tipo de muestra *	Fenóles totales (mg AGE/g)	3400.333	1	3400.333	214.238	0.000
Tipo de extracto	ABTS (umol TE/g)	119.911	1	119.911	258.277	0.000
	DPPH (mg Trolox/g)	1029078.795	1	1029078.795	230.604	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	904.719	1	904.719	179.834	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	4611997.953	1	4611997.953	84.381	0.000
Estado de madurez *	Fenóles totales (mg AGE/g)	321.928	2	160.964	10.142	0.000
Tipo de extracto	ABTS (umol TE/g)	6.213	2	3.106	6.691	0.003
	DPPH (mg Trolox/g)	71950.900	2	35975.450	8.062	0.001
	Azúcares reductores (ug/g)	1001.339	2	500.669	99.519	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	6772368.985	2	3386184.492	61.953	0.000
Tipo de muestra *	Fenóles totales (mg AGE/g)	1292.451	2	646.225	40.715	0.000
Estado de madurez *	ABTS (umol TE/g)	67.638	2	33.819	72.842	0.000
Tipo de extracto	DPPH (mg Trolox/g)	187559.628	2	93779.814	21.015	0.000
	Azúcares reductores (ug/g)	495.852	2	247.926	49.281	0.000
	Antocianinas (mg/100 g)	3940921.377	2	1970460.688	36.051	0.000

Error	Fenóles totales (mg AGE/g)	571.383	36	15.872		
	ABTS (umol TE/g)	16.714	36	0.464		
	DPPH (mg Trolox/g)	160651.012	36	4462.528		
	Azúcares reductores (ug/g)	181.111	36	5.031		
	Antocianinas (mg/100 g)	1967654.733	36	54657.076		
Total	Fenóles totales (mg AGE/g)	290755.018	48			
	ABTS (umol TE/g)	14084.989	48			
	DPPH (mg Trolox/g)	244890659.009	48			
	Azúcares reductores (ug/g)	24201.823	48			
	Antocianinas (mg/100 g)	254052424.953	48			
Total corregido	Fenóles totales (mg AGE/g)	51417.872	47			
	ABTS (umol TE/g)	1526.719	47			
	DPPH (mg Trolox/g)	14814373.047	47			
	Azúcares reductores (ug/g)	13154.570	47			
	Antocianinas (mg/100 g)	190672627.759	47			

**Anexo 3.** Fotografías de los análisis fisicoquímicos realizados

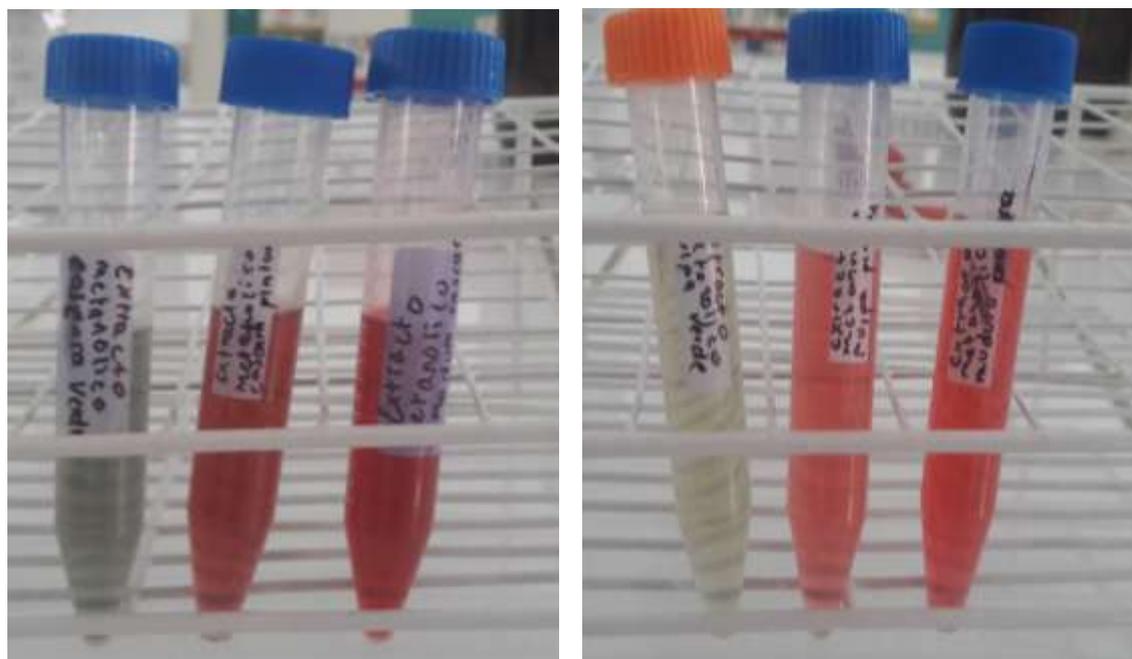
**Figura 13**

*Muestra de las bayas de sauco en sus tres estados de madurez*



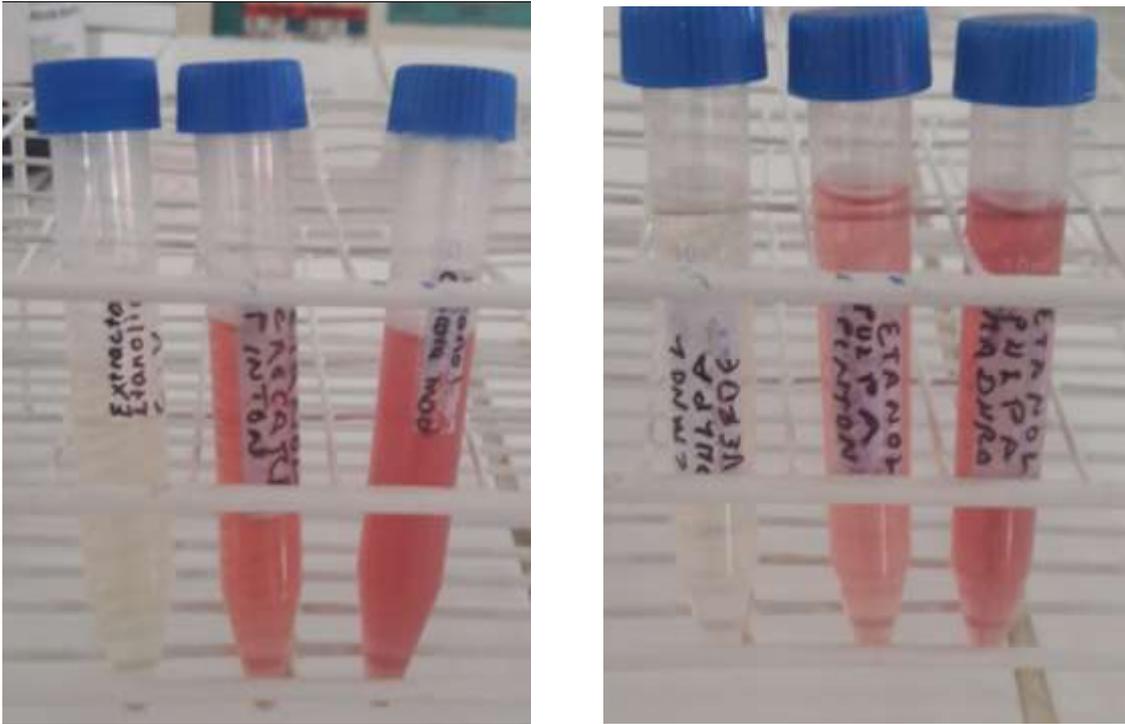
**Figura 14**

*Extractos de la cáscara en sus tres estados de madurez con metanol.*



**Figura 15**

*Extractos de la cáscara y pulpa en tres estados de madurez con etanol*



**Figura 16**

*Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante*



**Figura 17**

*Determinación de azúcares reductores*



**Figura 18**

*Medición del pH para la determinación de antocianinas*

