



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS, FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL FRUTO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum Kunth*) EN LA SIERRA DEL ECUADOR PARA USO AGROINDUSTRIAL

Autora

Andrea Estefanía Guerrero Cazar

Año  
2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS, FÍSICOS Y  
QUÍMICOS DEL FRUTO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth) EN LA  
SIERRA DEL ECUADOR PARA USO AGROINDUSTRIAL

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

Ph. D. Wilson Arturo Vásquez Castillo

Autora

Andrea Estefanía Guerrero Cazar

Año

2019

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo, “Caracterización de compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en la Sierra del Ecuador para uso agroindustrial, a través de reuniones periódicas con la estudiante, Andrea Estefanía Guerrero Cazar, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Wilson Arturo Vásquez Castillo

Philosophy Doctor in Plant Physiology

CI: 1001186210

### **DECLARACIÓN DE DOCENTE CORRECTOR**

Declaro haber revisado este trabajo, "Caracterización de compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en la Sierra del Ecuador para uso agroindustrial", de la estudiante Andrea Estefanía Guerrero Cazar, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación."

---

Pablo Santiago Moncayo Moncayo

Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial

CI: 1712367505

## **DECLARACIÓN DE ASESOR CIENTÍFICO**

Declaro haber dirigido el trabajo, "Caracterización de compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en la Sierra del Ecuador para uso agroindustrial", a través de reuniones periódicas con la estudiante, Andrea Estefanía Guerrero Cazar, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Iván Rodrigo Samaniego Maigua

Master en Nutrición y Agrovalorización

CI: 0602791345

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se ha citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Andrea Estefanía Guerrero Cazar

CI: 1719656884

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres Sylvi y Pablo, a mi hermano Jonathan y a mi ñaña Kari por su paciencia, amor y apoyo incondicional en cada proyecto de mi vida.

Al Dr. Wilson Vásquez por brindarme su tiempo, conocimientos y apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A todos los que forman el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Santa Catalina. Especialmente al Dr. Iván Samaniego por su apoyo y guía.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis, a mis padres por ser mi inspiración cada día, para crecer en el ámbito profesional, personal y siempre dejarme soñar en alto.

A mi hermano por brindarme palabras de aliento, ánimo y ser mi ejemplo a seguir todos estos años.

A mi ñaña Kari mi segunda madre, por todas sus enseñanzas y apoyo que me ha brindado desde que nací y mi Abue Bachita por brindarme su ayuda siempre que la necesito.

A mis amigos por ser mis cómplices estos 5 años de carrera y a toda mi familia Navas y Guerrero por su amor incondicional.

## RESUMEN

En el Ecuador se conoce al mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) como uva de monte, crece entre 3200 y 4000 msnm con una temperatura que fluctúa de 8 a 16°C. La principal cosecha se realiza entre octubre y noviembre y la segunda entre febrero y marzo. El presente estudio se realizó colectando frutos de mortiño provenientes de Jatun Huaico-Imbabura, Culebrilla-Bolívar; Pucará-Tungurahua; Río Putulú y Ajospamba-Chimborazo. Las variables del estudio fueron: peso del fruto (g), diámetro ecuatorial y polar (mm), número de semilla por fruto, pH, acidez (%) y sólidos solubles totales (°Brix), polifenoles totales ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), flavonoides totales ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), capacidad antioxidante ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) y antocianinas totales ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ). Los análisis se realizaron en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP. Para análisis físicos y químicos se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones, mientras que, para los compuestos bioactivos se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones; cuando se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos se usó la prueba de separación Tukey (5 %). Los análisis se realizaron con el programa Infostat (2018). El peso del fruto entre las localidades fueron similares, sin embargo se tubo un rango entre 0.40 g y 0.28 g que corresponde a las localidades de Pucará y Río Putulú respectivamente. El número de semillas por fruto fue de  $78\pm 14$  en Jatun Huaico. Por otro lado, el mayor pH se registro en Jatun Huaico con 3,08, la mayor acidez (1,85 %) se presento Río Putulú. Los polifenoles totales mas altos se registró en la localidad de Culebrillas con 6284,7 mg ácido gálico $\cdot 100\text{g}^{-1}$ . La capacidad antioxidante mas alta (869,3 mg trolox $\cdot 100 \text{g}^{-1}$ ) se encontró en los frutos de la localidad de Pucará, mientras que las antocianinas totales más alta (2898,66  $\text{mg}\cdot 100 \text{g}^{-1}$ ) se encontraron en la localidad de Jatun Huico. En conclusión, se puede indicar que existe gran variabilidad de las variables estudiadas entre las diferentes localidades.

**Palabras claves:** Compuestos bioactivos, *Vaccinium floribundum*, características físicas y químicas del fruto.

## ABSTRACT

In Ecuador, mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) is known as a mountain grape, growing between 3200 and 4000 masl with a temperature that fluctuates from 8 to 16 ° C. The main harvest is between October and November and the second between February and March. The present study is harvested mortiño fruits from Jatun Huaico-Imbabura, Culebrilla-Bolívar; Pucará-Tungurahua; Río Putulú and Ajospamba-Chimborazo. The variables of the study were: fruit weight (g), equatorial and polar diameter (mm), seed number per fruit, pH, acidity (%) and total soluble solids (° Brix), total polyphenols (mg 100g<sup>-1</sup>), total flavonoids (mg\*100g<sup>-1</sup>), antioxidant capacity (mg\*100g<sup>-1</sup>) and total anthocyanins (mg\*100g<sup>-1</sup>). The analyzes were carried out in the laboratories of Nutrition and Quality Department of INIAP. For physical and chemical analysis, a Completely Randomized Design (DCA) was used with three repetitions, while for the bioactive compounds, a Completely Randomized Block Design (DBCA) with three repetitions. When there were statistical differences between treatments, was used the separation test Tukey (5%). The analyzes were carried out with the Infostat program (2018). The weight of the fruit among the localities were similar, however a range between 0.40 g and 0.28 g was found, which corresponds to the localities of Pucará and Río Putulú respectively. The number of seeds per fruit was 78 ± 14 in Jatun Huaico. On the other hand, the highest pH was registered in Jatun Huaico with 3.08, the highest acidity (1.85%) was presented by Río Putulú. The highest total polyphenols were recorded in the town of Culebrillas with 6284.7 mg gallic acid \* 100g<sup>-1</sup>. The highest antioxidant capacity (869.3 mg trolox\*100 g<sup>-1</sup>) was found in the fruits of the locality of Pucará, while the highest total anthocyanins (2898.66 mg\*100 g<sup>-1</sup>) were found in the Location of Jatun Huico. In conclusion, it can be indicated that there is great variability of the variables studied between the different localities.

**Key words:** Bioactive compounds, *Vaccinium floribundum*, physical and chemical characteristics of the fruit.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. Objetivo general .....	2
2.1.2. Objetivos específicos .....	2
2.2. Hipótesis .....	2
3. Revisión de Literatura .....	3
3.1. Distribución geográfica del mortiño .....	3
3.2. Situación del mortiño en el Ecuador .....	3
3.3. Descripción botánica del Mortiño.....	5
3.4. Características físicas del fruto.....	6
3.5. Composición química.....	6
3.6. Compuestos Bioactivos .....	7
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
4.1. Materiales.....	11
4.2. Métodos .....	2
4.2.1. Descripción del lugar de estudio .....	2
4.2.2. Análisis Físico y Químico del fruto de mortiño .....	3
4.2.3. Compuestos bioactivos:.....	6
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
5.1. Características físicas y químicas del fruto de mortiño .....	15
5.1.1. Peso del fruto (g) .....	15
5.1.2. Diámetro ecuatorial y polar (mm).....	16
5.1.3. Número de semilla por fruto.....	17
5.1.4. pH .....	18
5.1.5 Acidez (%) .....	19
5.1.6. Sólidos Solubles Totales (°Brix).....	20
5.2. Compuesto Bioactivos del fruto de mortiño .....	21

5.2.1. Polifenoles totales (mg acido gálico*100g <sup>-1</sup> ) .....	21
5.2.2. Flavonoides totales (mg de Catequina*100 g <sup>-1</sup> ) .....	23
5.2.3. Capacidad antioxidante (mg trolox*100 g <sup>-1</sup> ) .....	24
5.2.4. Antocianinas totales (mg*100 g <sup>-1</sup> ) .....	24
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>26</b>
6.1. Conclusiones.....	26
6.2. Recomendaciones .....	265
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>288</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>365</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición de diámetro polar (mm) del fruto de mortiño, 2018. ....	4
Figura 2. Proceso de corte transversal del fruto de mortiño y conteo de las semillas de cada fruto, 2018. ....	4
Figura 3. Proceso de medición de pH y acidez titulable del fruto de mortiño, 2018. ....	6
Figura 4. Proceso de medición de Solidos Solubles totales °Brix del fruto de mortiño, 2018. ....	6
Figura 5. Resultado final del proceso de extracción de polifenoles totales del fruto de mortiño, coloración azulada, 2018. ....	8
Figura 6. Resultado final del proceso de flavonoides totales del fruto de mortiño, coloración ligeramente rosada, 2018. ....	9
Figura 7. Resultado final del proceso de Capacidad antioxidante del fruto de mortiño, coloración azul intenso, 2018. ....	10
Figura 8. Resultado final del proceso de antocianinas totales del fruto de mortiño de pH 4,5 y 1, coloración ligeramente rosado y rosado claro respectivamente, 2018. ....	11
Figura 9. Molienda y tamizado del fruto de mortiño liofilizado. ....	12
Figura 10. Resultado final del proceso de extracción para polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante del fruto de mortiño, 2018. ....	13
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de extracción de compuestos bioactivos del fruto de mortiño. ....	14
Figura 12. Resultado de la extracción para análisis de antocianinas totales del fruto de mortiño, 2018. ....	14

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso del suelo en los Páramos Andinos de la provincia de Tungurahua. Adaptado de Geoinformática y Sistemas,( 2015).....	4
Tabla 2. Condiciones ambientales y georeferenciación de las localidades donde se cosechó el fruto de mortiño en los Páramos Ecuatorianos, 2018. ....	2
Tabla 3. Tratamientos del análisis físico y químico del fruto de mortiño, 2018 .....	3
Tabla 4. Esquema del ADEVA del análisis físico y químico del fruto de mortiño, 2018 .....	3
Tabla 5. Tratamientos de la caracterización de los compuestos bioactivos del mortiño, 2018.....	7
Tabla 6. Esquema del ADEVA del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones, 2018.....	7
Tabla 7. Análisis de varianza de las características físicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018. ....	15
Tabla 8. Promedios de las características físicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018 .....	16
Tabla 9. Análisis de varianza de las características químicas del fruto de mortiño de cinco localidades de los Páramos de la Sierra ecuatoriana, 2018. ....	18
Tabla 10. Promedios de las características químicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018. ....	19
Tabla 11. Análisis de varianza de los compuestos bioactivos del fruto de mortiño de cinco localidades de los páramos de la Sierra ecuatoriana, 2018 .....	21
Tabla 12. Promedios de las compuesto bioactivos del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018 .....	22

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Investigaciones realizadas sobre los compuestos antioxidantes presentes en distintos frutos aseguran brindar un efecto beneficioso para la salud humana (Illupapalayam, Smith, y Gamlath, 2014). Existen varios compuestos bioactivos entre ellos se encuentran las antocianinas, fenoles, vitamina C y E, carotenoides, entre otros, los cuales previene enfermedades degenerativas. Estos, están relacionados por la coloración del fruto, los compuestos fenólicos y antocianinas, se encuentran en mayor cantidad en frutas de color rojo y morado. Por otro lado, estos compuestos previenen el daño celular provocado por radicales libres que causan diferentes patologías y enfermedades a las personas (De Pascual y Sanchez, 2008).

Cuando el mortiño (*Vaccinium floribundum Kunt*) se encuentra maduro tiene una coloración morada, el cual es un indicador de presencia de fenoles, antocianinas y capacidad antioxidante (Gloria Garzón, 2008). Por esa razón, este fruto es considerado como un alimento funcional, debido al aporte nutricional que brinda al consumirlo (Maldonado, Arango, y Rojano, 2014).

Los compuestos biológicamente activos tienen un impacto en la salud, ya que algunos estudios demuestran que pueden prevenir daños en el sistema inmunológico, nervioso, cardiovascular y neurológico (López, Pilatowsky, Cortés, Rojano, y Navarro, 2017). Estos compuestos tienen alta demanda por las industrias de alimentos y farmacéuticas (Ortega, Jiménez, y López, 2011). Existen frutos con alto poder antioxidante, los de mayor consumo son las moras, fresas, arándanos, frambuesa y últimamente el mortiño que son conocidos como frutos rojos (Milivojevic et al., 2011). Investigaciones del mortiño señalan que existe presencia de compuestos bioactivos en el fruto, en donde se destacan la presencia de polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante. Al comparar los resultados con otros frutos, esta baya tiene mayor poder antioxidante (Vasco, Riihinen, Ruales, y Kamal-Eldin, 2009).

Esta investigación forma parte del proyecto “Potenciación del Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunt) en Ecuador: Compuestos funcionales, fenología y producción In vitro” financiado por la Universidad de las Américas, en la que participa el INIAP de Ecuador y El Centro de Investigaciones La Mayora España.

## **1.2. Justificación**

Al comparar los compuestos funcionales del mortiño con los resultados de otros frutos, esta baya demuestra mayor poder antioxidante.(Vasco, Riihinen, Ruales, y Kamal-Eldin, 2009). Los cuales tienen un beneficio a la salud (Moyer, Hummer, Finn, Frei, & Wrolstad, 2002). Con estos antecedentes se planteó realizar una investigación detallada del mortiño ecuatoriano que crece en el Páramo de la Sierra del país para caracterizar físicamente, químicamente y cuantificar los compuestos fenólicos del fruto. Este será un aporte a la agroindustria de alimentos en general ya que generará información relevante para poder utilizarla en futuros proyectos.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Caracterizar los compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth) de varias localidades de la Sierra del Ecuador.

#### **2.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la composición física y química del fruto del mortiño de cinco localidades de la Sierra del Ecuador.
- Determinar compuestos bioactivos del fruto del mortiño de cinco localidades de la Sierra del Ecuador.
- Cuantificar el contenido de los polifenoles del fruto del mortiño de cinco localidades de la Sierra del Ecuador.

### **2.2. Hipótesis**

**Ha:** Existen diferencias en las características físicas, químicas y compuestos bioactivos del fruto del mortiño de las diferentes localidades de la Sierra del Ecuador

### **3. Revisión de Literatura**

#### **3.1. Distribución geográfica del mortiño**

Existen alrededor de 400 especies del género *Vaccinium* en el mundo, ubicadas en el Hemisferio Norte, zonas montañosas de los Andes, Madagascar y Sur de África (León, González, y Gil, 2017). Se conoce que un 40% de especies de *Vaccinium* están en el Sudeste asiático, un 25% en América, de los cuales el 25% está en el América del Norte y el 10% en América Central y del Sur y el otro 25% en otras partes del mundo (Luby, Ballington, Draper, Pliszka, y Austin, 1991).

Dentro de esta especie se encuentra el mortiño, que pertenece a la familia de las Ericáceae. Esta especie se encuentra en forma silvestre entre alturas que fluctúan de los 1401 a 4349 msnm en los páramos del Ecuador y Colombia (Torres, Trujillo, y Arahana, 2010). *Vaccinium floribundum* Kunth se encuentra en paramos de Costa Rica, Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador (Luby et al., 1991).

Durante la conquista española, varias especies nativas se preservaron en los Páramos y Regiones Andinas, manteniéndose vigentes hasta la actualidad como parte de la alimentación de la población ecuatoriana, especialmente en la Sierra (Coba et al., 2012).

#### **3.2. Situación del mortiño en el Ecuador**

En la Sierra del Ecuador se consume las bayas de mortiño en fruta fresca y productos procesados como jugos, mermeladas, vino, colada entre otros (Prencipe et al., 2014). Investigaciones en caminadas a la domesticación del mortiño es muy limitada por ello, se debe trabajar en preservar la especie bajo condiciones controladas para comercializarlo nivel local y mundial como una alternativa al cultivo del arándano y otros frutos rojos que se producen en su mayoría en los Estados Unidos (Torres et al., 2010). Debido a la tendencia de la población de llevar un estilo de vida saludable, el interés de investigar sobre estos compuestos funcionales crece cada día (Cueva, Vergara y Pérez, 2017). Los mismos que se encuentran en el mortiño, estos frutos se ven afectados por prácticas agropecuarias como la quema, el pastoreo continuo entre otras, las

cuales provocan un impacto generando erosión del suelo, por el constante crecimiento de la frontera agrícola podemos encontrar en alturas de 3600 msnm plantaciones de hortalizas, haba, cebada, papa y pinos. Por todo esto, esté cultivo está en peligro de extinción. La frontera agrícola está en constante crecimiento en donde se encuentran cultivos como hortalizas, haba, cebada, papa y plantaciones de pino en alturas de 3600 msnm (Geoinformática y Sistemas Cia.Ltda, 2015).

Se puede apreciar en la siguiente tabla 1, valores comparativos del año 2000, 2008 y 2014, donde el bosque natural disminuyó un 41,6%; el glaciar bajo en un 51%; área de intervención aumento un 72,4% y se perdió 9,5% de cultivos nativos en el Páramo (Geoinformática y Sistemas Cia.Ltda, 2015).

Tabla 1.

*Uso del suelo en los Páramos Andinos de la provincia de Tungurahua.*

<b>Uso del suelo (ha)</b>	<b>Año 2000</b>	<b>Año 2008</b>	<b>Año 2014</b>
<b>Agua superficial</b>	61,03	67,68	129,19
<b>Bosque natural o plantado</b>			
<b>Glaciar</b>	87,2	51,49	42,69
<b>Intervención</b>	8.949,06	10.484,31	15.426,49
<b>Páramo</b>	49.612,50	49.141,59	44.915,56
<b>Total general de (ha)</b>	<b>62.796,35</b>	<b>62.796,35</b>	<b>62.901,70</b>

Adaptado de Geoinformática y Sistemas, 2015

Según el Comité ambiental Cotopaxi, 2006. Es un hecho que el crecimiento de la frontera agrícola afecta directamente a los cultivos nativos como el mortiño ya que esto genera sobreexplotación, deforestación, daños ambientales y migración de los campesinos que viven de la agricultura. El desarrollo de comunidades y el crecimiento de la frontera agrícola son riesgos para la sostenibilidad de los Páramos Andinos, el 48,5% de suelo en los Páramos es de tierra para y el 51,5% se destina a ganadería extensiva de bovinos y ovinos, extracción de abono, extracción de madera y plantaciones de bosque de pinos

y eucalipto, ya que estas actividades generan mayor ingresos económicos a los habitantes (Geoinformática y Sistemas Cia.Ltda, 2015)

### **3.3. Descripción botánica del Mortiño**

En el Ecuador se conoce al mortiño como uva de monte, crece en alturas desde 3200 msnm hasta 4000 msnm y la temperatura fluctúa de 8°C a 16°C (Coba et al., 2012). La principal cosecha se realiza en octubre y noviembre, pero existe una segunda floración en febrero y marzo (Torres P. et al., 2010).

El mortiño tiene la siguiente descripción taxonómica: Reino Plantae; División Magnoliophyta; Clase Magnoliopsida; Orden Ericales; Familia Ericaceae; Genero y Especie *Vaccinium floribundum* (Torres P. et al., 2010).

La especie *Vaccinium floribundum* es una planta que alcanza una altura entre 0,5 a 2,5 metros. Tiene hojas pequeñas, ovaladas lanceoladas, con margen aserrado y alternas. Sus flores nacen de las axilas de hojas y tallos, son racimos las cuales contienen 7 flores pequeñas aproximadamente con un cáliz articulado y la corola puede ser roja, rosada o blanca. El fruto es una baya de 4 a 8 milímetros de diámetro con un color azulado y cuando están en estado de madures fisiológico son drupas jugosas (León et al., 2017)

Durante el proceso de maduración el mortiño presenta diferentes colores comienza con un color verde, conforme madura el fruto toma una coloración anaranjada con rojo lo que indica presencia de carotenoides, por ultimo cuando llegue a madures fisiológica el fruto adquiere un color morado oscuro el cual es característico en frutos que contienen antocianinas, este cambio de coloración se da directamente por la temperatura, luz y oxígeno a la que está expuesto este fruto (Gaviria, Ochoa, y Sánchez, 2009).

Uno de los principales parámetros para controlar la vida útil de este tipo de fruto es el estado de madurez durante la cosecha (Santamaría et al., 2009). Puesto que, la sobre maduración de las bayas generan cambios a nivel sensorial y nutricional, reduciendo significativamente la calidad del fruto (Rincón, Buitrago, Ligarreto, Torres, y Balaguera, 2012).

El sistema foliar de estas bayas las protege contra la radiación UV-B al fruto. Debido a esto, el mortiño conserva sus componentes químicos, en especial la cantidad de antocianinas y flavonoides (Gaviria et al., 2009)

### **3.4. Características físicas del fruto**

Se conoce, que el peso de la fruta en estado fresco refrigerado comienza a variar después de haber transcurrido 3 días de su almacenamiento (Burg, 2004), si bien es cierto no es una pérdida significativa, debido a que se conoce que se disminuye en un 5,5% de peso después de 9 días (Ávila, Cuspoca, Fischer, Ligarreto, & Quicazán, 2007). Esto se debe, a la transpiración de los frutos ya que pueden llegar a disminuir su peso entre el 3 al 10% (Burg, 2004). El tipo de almacenamiento afecta directamente a la pérdida de peso del fruto (FAO, 2000). Debido a esto, si existe más presión de vapor de agua, mayor será la pérdida de peso del fruto (Ávila et al., 2007). Por otro lado, el diámetro ecuatorial y polar del fruto cambia en las diferentes etapas de madurez según el tipo de fruto, después de la cosecha el fruto puede comenzar a reducir en tamaño lo cual disminuye el diámetro del mismo (Kader, 2013). La deshidratación es uno de los factores a considerar al momento de medir el diámetro y peso de un fruto que ha perdido agua por su tipo de almacenamiento en pos cosecha (Ávila et al., 2007).

### **3.5. Composición química**

Los sólidos solubles totales (°Brix), están compuestos generalmente por (80 ± 95 %) de azúcares (Fischer y Martínez, 1999). En un estudio realizado con *Vaccinium meridionale Swartz*, se observó que el fruto debido a la transpiración a la que se ve expuesto durante el almacenamiento, pierde peso, lo cual afecta directamente en la cantidad de sólidos solubles totales (Fugate, Suttle, y Campbell, 2010), produciendo una mayor concentración de los azúcares e incrementando los ° Brix en el fruto de mortiño (Ávila et al., 2007).

Los azúcares forman parte de los carbohidratos, los cuales se generan por la fotosíntesis y son importantes en el metabolismo de la planta durante su crecimiento ya que forman parte de la energía necesaria en el proceso de maduración (Fugate et al., 2010). También, se conoce que las bayas de las

especies *Vaccinium* son no climatéricas y por eso la cosecha se lo realiza cuando el fruto está en madurez fisiológica (Kader, 2013). Se tiene un cambio en las características sensoriales del mortiño cuando se mantiene en refrigeración a 2°C por más de una semana (Ávila et al., 2007).

La acidez titulable del fruto de mortiño, en estado fresco se mide con relación a la cantidad a ácido cítrico. El tipo de almacenamiento que tiene el fruto puede afectar en la acidez (Ávila et al., 2007) ya que, una temperatura baja disminuye el desdoblamiento de ácidos presentes en mortiño (Wills, 1998).

El pH está relacionado directamente con la acidez presente en el fruto (Fugate et al., 2010). Sin embargo, el mortiño se conoce que crece en suelos ácidos con un pH (4,5±5,5) esto podría afectar directamente al pH y acidez del fruto (Darnell, 2000).

### **3.6. Compuestos Bioactivos**

El mortiño tiene varios compuestos bioactivos entre ellos están el ácido hidroxicinámico, ácido cefeico, ácido clorogénico antocianinas presentes en un 67 % del total fenólico que contiene cianidina en un 89 %, aproximadamente es 345 mg cianidina\* 100 g<sup>-1</sup> (Vasco, Riihinen, Ruales, y Kamal-Eldin, 2009).

En los últimos años se ha incrementado el interés en los compuestos fenólicos que están formados por flavonoides, antocianinas y ácidos fenólicos, los cuales están presentes de forma natural en distintos frutos y tienen un aporte en la salud y varios beneficios contra enfermedades degenerativas y cancerígenas generadas por el estrés oxidativos (Parr y Bolwell, 2000 y Prencipe et al., 2014).

Los frutos rojos tienen presencia de antocianinas las cuales son responsables de la capacidad antioxidante de estos frutos, que ayudan a la prevención de la oxidación y protege contra los radicales libres (Prencipe et al., 2014).

Se han realizado estudios en donde se analizó el efecto de los polifenoles de arándanos silvestres en ratas, dando como resultado un aumento de la memoria (Papandreou et al., 2009). Una investigación reporta que se obtuvo

una mejoría en la visión nocturna en humanos que han tenido suplementación con arándanos en su alimentación (Canter & Ernst, 2004).

Los fenoles totales son los responsables de la capacidad antioxidante que tenga un fruto y se mide por la capacidad de absorber los radicales presentes en el oxígeno (Ho et al., 2001 y Murphy et al., 2003)

Las antocianinas dan el color característico de los frutos rojos, ya que son pigmentos solubles en agua de color morado, rojo y negro. , algunos ejemplos de antocianinas son delfinidina, pelargogidina y malvidina (Prior y Wu, 2006). Entre los compuestos fenólicos más conocidos e importantes están el ácido cafeico, ácido hidroxibezoico, ácido gálico, ácido pumárico y ácido ferúlico (Sellappan, Akoh, y Krewer, 2002).

Los frutos rojos como los arándanos contienen vitamina C y polifenoles promoviendo la capacidad antioxidante de estas bayas (Lee & Wrolstad, 2004).

Existen alrededor de 550 antocianinas, pero solo seis se han identificado en plantas, estas son petunidina, cianidina, malvidina, delfinidina, peonidina y pelargonidina, las cuales se encuentran en mayor cantidad en bayas, flores, hojas y en la corteza del fruto (Kong, Chia, Goh, Chia, y Brouillard, 2003). La desintegración de la membrana celular del fruto de mortiño se da por la oxidación inducida por radicales libres (Ravishankar, Rajora, Greco, & Osborn, 2013). Estos compuestos son utilizados para prevenir enfermedades como, obesidad, diabetes, paro cardiaco incluso el cáncer (Seeram, 2008). Esto se debe al contenido de antioxidantes, son los que actúan directamente contra el estrés oxidativo (Cárdenas, Arrazola, y Villalba, 2015). Además las antocianinas son utilizadas para tratamientos contra problemas de visión y retinopatía diabética (Cacace & Mazza, 2003).

Estudios realizados muestran que el genotipo y características ambientales donde crece el fruto incide en la cantidad de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante. Por otro lado, hay estudios que indican que las antocianinas y los fenólicos totales varían según el genotipo y no interfiere las condiciones ambientales donde crece el fruto (Yuan et al., 2011).

Con el desarrollo de investigaciones científicas de los últimos años se ha logrado tener evidencias, que al incorporar a la dieta de las personas alimentos funcionales, se mejoran funciones biológicas y fisiológicas del organismo de las personas (Jiménez, 2013). Por tal motivo, se fomenta el desarrollo de productos alimenticios saludables que contengan compuesto bioactivos ya que, la salud pública se enfoca, en la prevención de enfermedades crónicas y el envejecimiento de la población (Herrera, Betancur, y Segura, 2014).

Por ello, se promueve el consumo de alimentos que contienen compuestos bioactivos y fenólicos como polifenoles, flavonoides, antocianinas, vitaminas entre otros, por la característica de prevenir enfermedades como las mencionadas anteriormente. La industria de alimentos está interesada en los fitoquímicos por su poder antioxidante, este podría ser un remplazo de los antioxidantes sintéticos que son utilizados diariamente por la industria (Jiménez et al., 2011).

Se ha comprobado que la fuente principal de compuestos biológicamente activos son las frutas, las cuales forman parte de tratamientos preventivos en enfermedades como el cáncer (Jiménez et al., 2011). Dentro de la cadena alimentaria se encuentran los compuestos biológicamente activos esenciales que están presentes en los alimentos que se debe incluir en la dieta, ya que el cuerpo humano no los puede producir (Biesalski et al., 2009). Varios investigadores concuerdan que los compuestos bioactivos son metabolitos secundarios principalmente de origen vegetal, necesarios para tener una vida saludable (Patil, Jayaprakasha, Chidambara, y Vikram, 2009).

Conforme ha pasado los años se han realizado avances en investigaciones sobre salud, nutrición y alimentación, es por ese motivo que se ha logrado identificar componentes fitoquímicos en diferentes alimentos, los cuales previenen algunas enfermedades patológicas (Parihar y Parihar, 2017).

Según el contenido de vitaminas C y E, flavonoides, polifenoles y carotenoides presentes en las frutas puede variar la capacidad antioxidante total (Ribeiro et al., 2014). Se conoce que la vitamina C no es el único agente para analizar capacidad antioxidante de un fruto (Contreras et al., 2011). Sin embargo, los

investigadores sugieren el consumir variedad de frutas con alto poder antioxidante, por el aporte en la salud humana (Ramful, Tarnus, Aruoma, Bourdon, & Bahorun, 2011).

El tipo de almacenamiento y los procesos que pueden llegar a tener, puede ser el causante de la disminución de compuestos fenólicos como las antocianinas (Lee y Wrolstad, 2004). Existen varios estudios en donde se ha analizado el efecto negativo que tiene el secar con aire caliente al fruto del mortiño, ya que disminuye significativamente la capacidad antioxidante, esto se debe a que la exposición al calor induce la descomposición oxidativa por degradación térmica (López-Vidaña, Pilatowsky, Cortés, Rojano, y Navarro, 2017).

Desde el siglo XVI se dio a conocer los usos y propiedades beneficiosas que tienen los arándanos *Vaccinium myrtillus L.*, gracias a los herbolarios de esa época, se usaban estos frutos para tratar la presencia de cálculos en la vejiga, tuberculosis pulmonar, trastornos biliares entre otros (Valentová, Ulrichová, Cvak, & Simánek, 2006). Existe información científica y ensayos clínicos que respalda que el beneficio a la salud que brinda consumir estas bayas para disminuir la presencia de células cancerosas en el cuerpo humano (Zhao, Giusti, Malik, Moyer, & Magnuson, 2004), incluso inhibe el estrés oxidativo, previniendo problemas cardiovasculares y enfermedades degenerativas (Bao et al., 2008).

Los usos de los antioxidantes son extensos, en la industria alimentaria, se utiliza como método de conservación de algunos productos, ya que aumenta la vida útil, disminuye la proliferación de bacterias oxidativas, manteniendo los pigmentos, evitando cambios de textura, reduciendo la degradación de ácidos grasos esenciales que son los que causan pérdida del valor nutricional de un alimento, es por eso, que los productos vegetales que contienen poli fenoles, carotenoides, flavonoides entre otros compuestos son una alternativa como agentes antioxidantes (Rojano, Gaviria, y Sáez, 2008). El mortiño contiene compuestos poli fenólicos y capacidad antioxidante similar o mayor que otros frutos de la familia *Vaccinium*, estos frutos se pueden utilizar como nutracéutico

o también como una alternativa de aditivo alimentario (Gaviria, Ochoa, y Sánchez, 2009).

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Materiales**

#### **Material Vegetal:**

- Frutos de mortiño de 5 localidades de los páramos ecuatorianos.

#### **Material de Campo**

- Datalogger
- GPS
- Pala

#### **Materiales y Reactivos de Laboratorio**

- Balones volumétricos ámbar
- Balones volumétricos
- Celdas para lectura en espectrofotómetro
- Embudo
- Gradillas
- Papel aluminio
- Pipetas
- Probeta
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifuga
- Vasos de precipitación
- Ácido gálico
- Ácido clorhídrico
- Acetato de sodio
- Ácido fórmico
- ABTS (3-ethylbenzoathiazoline-6-sulfonic acid)
- Cloruro de potasio
- Carbonato de sodio (99,5%)
- Metanol (99,5%)
- Nitrito de sodio
- Folin y Ciocalteu
- Trolox(6-hidroxy-2,5,7,8-tetramethylcroman-2-carboxylic acid)

#### **Equipos:**

- Balanza analítica
- Baño ultrasonido
- Baño María
- Calibrador
- Centrifuga
- Espectrofotómetro
- Molino eléctrico
- Licuadora
- Liofilizador
- Potenciómetro

- Refractómetro
- Tamiz de malla
- Vortex

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Descripción del lugar de estudio

Se realizó la colecta del fruto de mortiño en cinco localidades de la Sierra del Ecuador (Anexo 1), se cosecho los frutos en madurez fisiológica. La georreferencia de cada localidad se detalla en la tabla 2.

Tabla 2.

*Condiciones ambientales y georeferenciación de las localidades donde se cosechó el fruto de mortiño en los Páramos Ecuatorianos, 2018.*

Localidad	Jatun Huaico <sup>a</sup>	Culebrillas <sup>b</sup>	Pucará <sup>c</sup>	Río Putulú <sup>d</sup>	Ajospamba <sup>e</sup>
Provincia	Imbabura	Bolivar	Tungurahua	Chimborazo	Chimborazo
Lat	N 00° 13,608'	S 01°32.007' W	S 01°04,129'	S 01°32.914'	S01°50.671'
Long	W 78° 11,144'	078°54.586'	W 78°26,780'	W 78° 40.559'	W78°51.786'
Altura (msnm)	3270	3802	3653	3496	3591
Temp med (°C)	16	13	19	8	14
Temp max (°C)	27	23	25	19	28
Temp min (°C)	8	8	7	1	3
HR media(%)	66,14	44,53	50,81	44,53	37,72
HR máx (%)	79,47	49,71	83,07	49,71	52,80
HR mín (%)	39,37	42,30	22,45	42,30	30,35
Topografía	quebrado	quebrado	quebrado	quebrado	ondulado

*Nota:* Fecha de Colecta: a) Julio, 2018; b) Agosto, 2018; c) Septiembre, 2018; d) Septiembre, 2018; e) Octubre, 2018. Temporada: Verano

### Fase de laboratorio

La caracterización de los compuestos bioactivos, análisis físicos y químicos del fruto de mortiño se realizó en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) – Santa Catalina, ubicado, cantón Mejía, sector Cutuglagua.

#### 4.2.2. Análisis Físico y Químico del fruto de mortiño

Para la caracterización física y química se utilizó frutos frescos de mortiño de las distintas localidades de los páramos ecuatorianos.

##### 4.2.2.1. Estadística

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones .

##### 4.2.2.2. Tratamientos

Tabla 3.

*Tratamientos del análisis físico y químico del fruto de mortiño, 2018*

Tratamientos	Localidad	Provincia	Altura (msnm)
1	Culebrilla	Bolívar	3802
2	Jatun-Huaico	Imbabura	3270
3	Pucará	Tungurahua	3653
4	Río Putulú	Chimborazo	3496
5	Ajospamba	Chimborazo	3591

##### 4.2.2.3. Esquema del ADEVA

Tabla 4.

*Esquema del ADEVA del análisis físico y químico del fruto de mortiño, 2018*

Fuente de Variación	g de l
Total	14
Tratamientos	4
Error Experimental	10
<b>CV (%)</b>	

##### 4.2.2.4. Análisis funcional

Cuando se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, se procedió a realizar la prueba de separación de medidas utilizando Tukey al 5%

#### 4.2.2.5. Variables

**Peso del fruto (g):** se pesaron 30 frutos frescos de manera individual, en una balanza analítica (Shimadzu type AEG-22; Japón), y se registraron los pesos de manera directa.

**Diámetro polar (mm):** Individualmente se midió el fruto desde el ápice hasta la base, con un calibrador digital (Mitutoyo, 500-172B; Brasil). La lectura de resultados fue directa.

**Diámetro ecuatorial (mm):** De forma individual se colocó horizontalmente el ápice de cada fruto de mortiño en el calibrador digital (Mitutoyo, 500-172B; Brasil). La lectura de resultados fue directa.



*Figura 1.* Medición de diámetro polar (mm) del fruto de mortiño, 2018.

**Semillas (n):** Se realizó un corte transversal de los frutos de mortiño con un estilete (Ingco Hkns1803, 18 mm), se procedió a extraer las semillas del fruto y contar las misma.



*Figura 2.* Proceso de corte transversal del fruto de mortiño y conteo de las semillas de cada fruto, 2018.

**pH:** Se licuó (Osterizer blender classic 299-N) el fruto de mortiño fresco y colocó en un vaso de precipitado, se sumergiendo el electrodo del potenciómetro (ORION 3 Star pH Benchtop) y se registro la información.

**Acidez:** Se utilizó el protocolo de acidez titulable descrito por (Brito y Vásquez, 2013), primero se licuó del fruto de mortiño fresco, se realizó una dilución con agua destilada y se aforó en un balón de 200 ml, posteriormente se colocó 25 ml en tres vasos de precipitados respectivamente y se procedió a titular con NaOH (0,1N), se midió con un potenciómetro (ORION 3 Star pH Benchtop) hasta que llegue a un pH de final de  $(8 \pm 0,5)$  ya que, es el indicador de punto de viraje de la solución.

(Ecuación 1)

Cálculo de acidez:

$$A(\%) = \frac{V_{\text{NaOH}} (\text{ml}) \times N \times \text{meq} \times V_t(\text{ml})}{P_m(\text{g}) \times V_a(\text{ml})}$$

Donde,

$V_{\text{NaOH}}$ = Volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación

$N$ = Normalidad del hidróxido de sodio

$\text{meq}$ = Ácido cítrico: 0,064 mili equivalentes (ácido predominante)

$V_t$ = Volumen final

$P_m$ = Peso de la muestra

$V_a$ = Volumen de la alícuota



*Figura 3.* Proceso de medición de pH y acidez titulable del fruto de mortiño, 2018.

**Sólidos Solubles Totales °Brix:** se colocó 0,2 ml de jugo de mortiño fresco de cada localidad en un refractómetro (ATAGO PAL-1, Japón) y se registró los datos de forma directa.



*Figura 4.* Proceso de medición de Sólidos Solubles totales °Brix del fruto de mortiño, 2018.

#### **4.2.3. Compuestos bioactivos:**

##### 4.2.3.1 Estadística

Para analizar los resultados de la caracterización de los compuestos bioactivos del fruto de mortiño, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 3 repeticiones.

#### 4.2.3.2. Tratamientos

Tabla 5.

*Tratamientos de la caracterización de los compuestos bioactivos del mortiño, 2018*

Tratamientos	Localidad	Provincia	Altura (msnm)
1	Culebrilla	Bolívar	3802
2	Jatun-Huaico	Imbabura	3270
3	Pucará	Tungurahua	3653
4	Río Putulú	Chimborazo	3496
5	Ajospamba	Chimborazo	3591

#### 4.2.3.3. Esquema del ADEVA, este se presenta en la tabla 6.

Tabla 6.

*Esquema del ADEVA del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones, 2018*

Fuente de Variación	g de l
Total	14
Tratamientos	4
Repeticiones	2
E.E	8
CV (%)	

#### 4.2.3.4. Análisis funcional

Cuando se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, se procedió a realizar la prueba de separación de medidas utilizando Tukey al 5%

#### 4.2.3.5. Variables

**Polifenoles totales (mg):** Se usó el método de Espín y Samaniego (2016). Se realizó una disolución (1:25) de la solución extraída (Figura 11) y agua destilada en un tubo se ensayó,. En otro tubo de ensayo se colocó 1ml de la solución anterior, se mezcló con 6 ml agua destilada y 1ml de Folin- Ciocalteu, luego se dejó reposar 3 min en baño maría (Memmert WNB7-45, Alemania) a 40°C. Posteriormente, se colocó 2 ml de Carbonato de sodio al 20%, se agitó y se sometió a baño maría (Memmert WNB7-45, Alemania) durante 2 min. Finalmente, para realizar la lectura en el espectrofotómetro (Shimadzu UV- VIS

2600, Japón), se colocó 1 ml de la solución final en celdas y se obtuvo los datos de absorbancia de polifenoles con una longitud de onda de 760 nm.

Cálculo de polifenoles totales: (Ecuación 2)

$$PT = \frac{A - b}{a} \times \frac{VT}{PM} \times 100$$

Descripción de la fórmula:

PT: Polifenoles totales (mg)

A: Absorbancia obtenida

b: Punto de corte

a: Pendiente de curva de calibración ácido gálico (0- 100 ppm).

VT: Es el volumen total

PM: Es el peso de la muestra de fruta liofilizada



*Figura 5.* Resultado final del proceso de extracción de polifenoles totales del fruto de mortiño, coloración azulada, 2018.

**Flavonoides totales (mg):** Se utilizó el método Zhishen, Mengcheng y Jianming, (1999). Se realizó una dilución (1:10) con la solución extraída (Figura 11) y agua destilada en un tubo de ensayo, se colocó 1ml de la dilución anterior en otro tubo de ensayo junto con 4ml de agua destilada y 0,3 ml de  $\text{NaNO}_2$ , se agitó y se dejó 5 min de reposo, después se colocó 0,3 ml de  $\text{AlCl}_3$  se agitó y dejó en reposo por 5 min. Para concluir se puso 2 ml de  $\text{NaOH}$  y 2,4 ml de agua destilada, se agitó cada tubo de ensayo y se colocó 1 ml en una celda para realizar la lectura en el espectrofotómetro (Shimadzu UV-

VIS 2600, Japón) con en el objetivo de obtener la absorbancia medida con una longitud de onda de 490 nm

Calculo de flavonoides totales: (Ecuación 3)

$$FT = \frac{A - b}{a} \times \frac{VT}{PM} \times 100$$

Descripción de la fórmula:

FT: Flavonoides totales (mg)

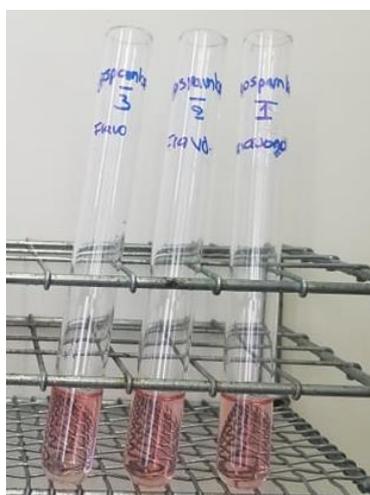
A: Representa absorbancia

b: Es el punto de corte

a: Representa la pendiente de la curva de calibración de (catequina, 0-199ppm)

VT: Es volumen total

PM: Es el peso de la muestra liofilizada



*Figura 6.* Resultado final del proceso de flavonoides totales del fruto de mortiño, coloración ligeramente rosada, 2018.

**Capacidad antioxidante (mg):** Se utilizó el método de Re, Pllergrini, Proteggente, Pannala, Yang y Rice, (1998), Se mezcló buffer fosfato pH 7 con ABTS activado hasta tener una absorbancia de 1, posteriormente se realizó una dilución (1:30) con la solución extraída (Figura 11) y agua destilada en un tubo de ensayo. Después en otro tubo de ensayo se colocó 3,8 ml de la solución ABTS con 0,2 ml de la dilución de la extracción se esperó 45min. Finalmente, se colocó 1 ml en una celda, se colocó en el espectrofotómetro (Shimadzu UV- VIS 2600, Japón) y se leyó con una longitud de onda de 734nm para obtener la absorbancia.

(Ecuación 4)

Calculo de capacidad antioxidante:

$$A \text{ muestra} = A \text{ solución de trabajo inicial} - A \text{ muestra}$$

Descripción de la fórmula:

A= Absorbancia



*Figura 7.* Resultado final del proceso de Capacidad antioxidante del fruto de mortiño, coloración azul intenso,2018.

### **Antocianinas totales:**

Se utilizó el método de Rapisarda, Fanella y Maccarone (2000), después de haber realizado la extracción (Figura 11) se hizo una dilución con agua destilada pH 4,5 (1:10) y pH 1 (1:25) para cada buffer respectivamente. Finalmente, se colocó 1 ml de la solución en una celda y se leyó en el espectrofotómetro (Shimadzu UV- VIS 2600, Japón) con diferentes longitudes de onda (515 nm) y (700 nm) para pH 4,5 (1:10) y pH 1 (1:25), con el fin de obtener la absorbancia.

Cálculo de antocianinas totales:

(Ecuación 5)

### **Fórmula 1:**

$$A = ((A_1 - A_2) - (A_3 - A_4))$$

Descripción de la fórmula:

A: Representa la diferencia entre la absorbancia de pH 1,0 y pH 4,5

A1: Absorbancia de pH 1,0 a 510nm de longitud de onda

A2: Absorbancia de pH 4,5 a 700nm de longitud de onda

A3: Absorbancia de pH 4,5 a 510nm de longitud de onda

A4: Absorbancia de pH 1,0 a 700nm de longitud de onda

(Ecuación 6)

### Fórmula 2:

$$AT = \frac{A}{\epsilon \times b} \times \frac{VT}{PM} WM \times 100$$

Descripción de la fórmula:

AT: Antocianinas totales (mg)

A: Representa la diferencia entre la absorbancia de pH 1,0 y pH 4,5

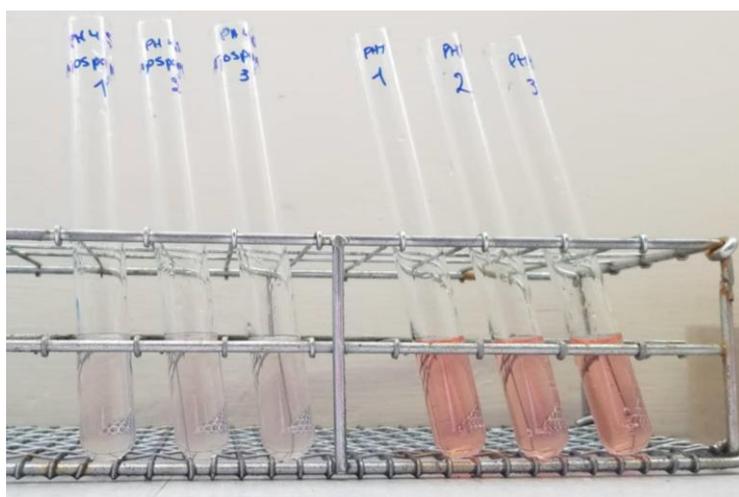
$\epsilon$ : Coeficiente de absorbancia de cianidin 3- glucósido

b: Ancho de celda (cm)

VT: Volumen total (ml)

PM: Peso de la muestra liofilizada (g)

WM: Masa molecular del cianidin 3- glucósido



*Figura 8.* Resultado final del proceso de antocianinas totales del fruto de mortiño de pH 4,5 y 1, coloración ligeramente rosado y rosado claro respectivamente, 2018.

#### 4.2.3.6. Manejo del experimento

Análisis compuestos bioactivos:

Los frutos de mortiño de las 5 localidades se clasificaron con el objetivo de eliminar hojas, paja, tierra insectos entre otras impurezas y se seleccionó frutos maduros, Se procedió a licuar cada muestra y se colocó la pulpa en fundas ziploc, se congeló a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 8 horas, posteriormente se liofilizó, se molió, tamizo (malla  $355\text{ }\mu\text{m}$ ) y almacenó cada muestra identificada en envases plásticos de color oscuro con tapa, para evitar la contaminación de las mismas a temperatura ambiente ( $18^{\circ}\text{C}$ ).



*Figura 9.* Molienda y tamizado del fruto de mortiño liofilizado.

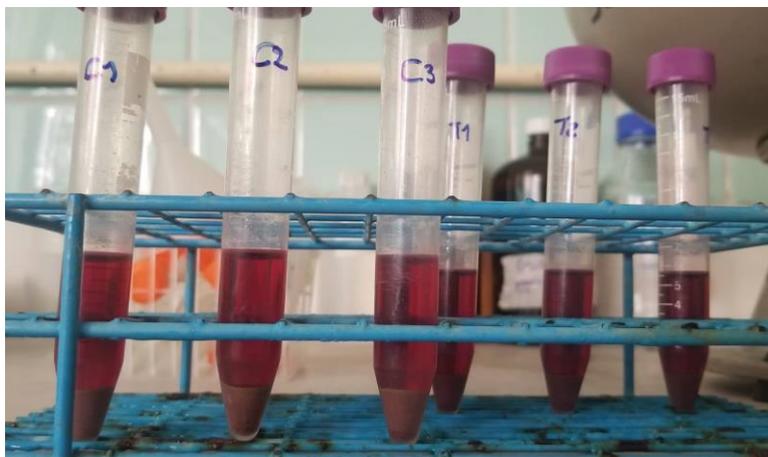
Para la cuantificación de los compuestos bioactivos se utilizaron varios protocolos adaptados por el INIAP (2018). En efecto, se puede ver el detalle en el anexo 2.

Para pesar se usó una balanza analítica (Shimadzu type AEG-22; Kyoto, Japón), para agitar un Vortex (Mistral-37600, Multi-Mixers, Estados Unidos), baño ultrasonido (Cole Palmer 8892- MTH, Alemania) y una centrifuga (Damon Iec, 04938, Estados Unidos).

#### **Método de extracción de los polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante:**

La solución extractora fue de metanol, ácido fórmico y agua destilada. El proceso de extracción se realizó 4 veces consecutivas y se aforó con la

solución extractora en un balón ámbar de 25 ml, el paso a paso se puede observar en la figura 11.



*Figura 10.* Resultado final del proceso de extracción para polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante del fruto de mortiño, 2018.

#### **Extracción en el análisis de antocianinas totales:**

Se utilizó dos soluciones extractoras un buffer de pH 1,0: Cloruro de potasio (0,2N) y ácido clorhídrico (0,2N); y un Buffer de pH 4,5: Acetato de sodio (1M) y ácido clorhídrico (1N), El proceso de extracción se realizó 6 veces consecutivas y se aforó con las soluciones extractoras en balones ámbar de 50ml respectivamente, el diagrama de flujo se encuentra en la figura 11

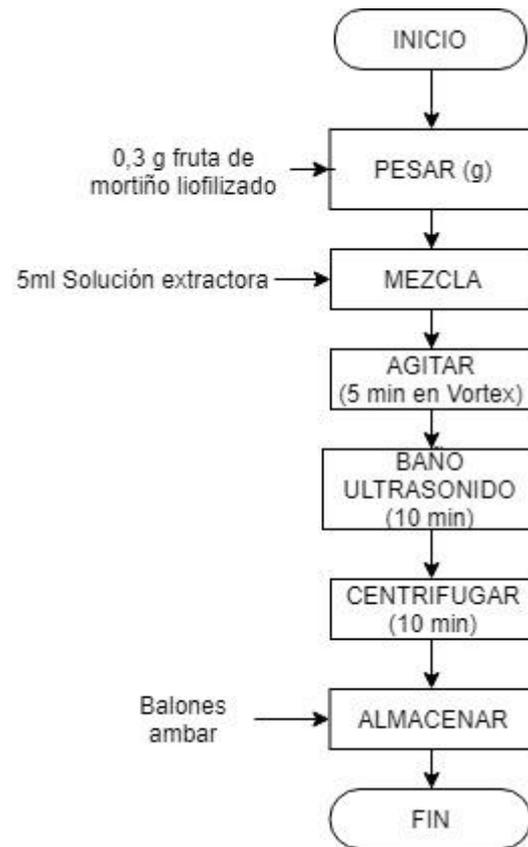


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de extracción de compuestos bioactivos del fruto de mortiño.

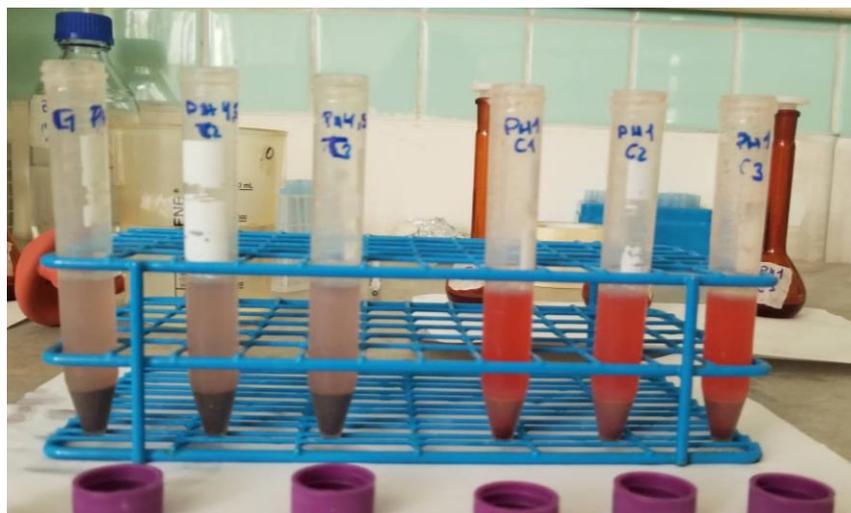


Figura 12. Resultado de la extracción para análisis de antocianinas totales del fruto de mortiño, 2018.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos se presentan agrupados entre las variables relacionadas, mientras que el análisis funcional únicamente los promedios de las variables en las que existieron diferencias estadísticas entre tratamientos

### 5.1. Características físicas y químicas del fruto de mortiño

#### 5.1.1. Peso del fruto (g)

Como se observa en la tabla 7, al realizar el análisis de varianza para el peso del fruto de mortiño entre las cinco localidades estudiadas, se pudo apreciar que no existen diferencias estadísticas entre ellas, por lo que se acepta la hipótesis nula. El coeficiente de variación de esta variable fue de 16,54%.

Tabla 7.

*Análisis de varianza de las características físicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018.*

Fuentes de Variación	gl	Peso (g)			D. polar (mm)		D. ecuatorial (mm)		Semilla (n)		
		SC	CM		SC	CM	SC	CM	SC	CM	
<b>Total</b>	14	0,06			5,53			4,11			3413,73
<b>Tratamientos</b>	4	0,02	0,01ns		3,42	0,86*		0,71	0,18ns		2373,07 593,27*
<b>Error E.</b>	10	0,03	0,003		2,11	0,21		3,4	0,34		1040,67 104,07
<b>CV (%)</b>		16,54			6,22			7,97			18,37

*Nota:* ns= no presenta diferencias estadísticas; \* diferencias estadísticas al 5%

Las diferencias aritméticas existentes entre el peso de los frutos de mortiño de entre las localidades fluctuaron entre 0.40 g en la localidad de Pucará-Tungurahua, mientras que los frutos más pequeños (0.28 g) se obtuvieron en la localidad del Río Putulú de la provincia de Chimborazo.

El peso del fruto, se registró 3 días después de la cosecha, ya que, Ávila et al., (2007) reportó que el fruto de mortiño pierde peso en un 5% en 9 días. Según una investigación de Tupuna (2012), el mortiño puede llegar tener un peso de 0,32 g, por su parte Llerena, Samaniego, Ramos, y Brito, (2014) señalan que el peso de mortiño fue de  $0,20 \pm 0,06$  g. Los anteriores resultados están acorde a los encontrados en este estudio (Tabla 8). Es importante indicar que el

peso del fruto puede variar según la localidad (condiciones de clima y suelo) y la variabilidad genética de cada especie. Las plantas de mortiño se encuentran asociadas con otras especies, las mismas que las protegen de condiciones adversas como bajas temperaturas (Camacho, 2013). Se ha comprobado que la humedad del suelo afecta al tamaño y peso del fruto. La temperatura y precipitaciones de las localidades son factores que inciden en el tamaño de los frutos, por cuanto la planta tiene mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, favoreciendo el crecimiento y desarrollo del fruto (García y García, 2006). Existe un estudio en donde se analizó el peso del fruto de mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) cosechado en tres etapas de madurez y almacenados en diferentes condiciones, encontrándose que el peso del fruto está directamente relacionado con el grado de madurez del fruto y también con la temperatura de almacenamiento (Rincón et al., 2012).

Tabla 8.

*Promedios de las características físicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018*

<b>Localidad</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>D. polar (mm)</b>	<b>Semilla (n°)</b>
Culebrillas- Bolivar	0,35 ± 0,062 a	7,86 ± 0,611 a	53 ± 9 ab
Jatun Huaico- Imbabura	0,34 ± 0,104 a	7,22 ± 0,644 ab	78 ± 14 a
Pucará- Tungurahua	0,40 ± 0,015 a	7,79 ± 0,191 ab	53 ± 10 ab
Río Putulú- Chimborazo	0,28 ± 0,024 a	6,54 ± 0,321 b	56 ± 13 ab
Ajospamba- Chimborazo	0,37 ± 0,032 a	7,48 ± 0,355 ab	39 ± 1 b

*Nota:* promedios seguidos por la misma letra, se consideran estadísticamente iguales con Tukey (5%).

### **5.1.2. Diámetro ecuatorial y polar (mm)**

En la tabla 7, se presenta el análisis de varianza del diámetro polar y ecuatorial del fruto de las cinco localidades estudiadas, se registraron diferencias estadísticas en el Diámetro polar por lo que se acepta la hipótesis alternativa, mientras que para el D. ecuatorial no existió diferencias estadísticas, por tanto

se acepta la hipótesis nula. El coeficiente de variación fue de 6,22% y 7,97% respectivamente

Existieron diferencias estadísticas en el diámetro polar de los frutos de mortiño de las localidades (Tabla 8), según la prueba de separación de medida de tukey al 5% hubieron tres grupos a, b y ab los cuales fluctúa de  $7,86 \pm 0,611$  mm en la localidad de Culebrilla de la provincia de Bolívar, mientras que los frutos con menor diámetro polar con  $6,54 \pm 0,321$  mm se obtuvo en la localidad del Río Putulú de la provincia de Chimborazo.

Según el estado de madurez el diámetro del fruto va cambiando, ya que va creciendo el fruto hasta llegar a su máximo tamaño que alcanza a la madurez fisiológica (Kader, 2013). En este estudio se utilizaron frutos de mortiño cosechados en madurez fisiológica al igual que otras investigaciones, que reportan un diámetro polar promedio del fruto de  $7,1 \pm 0,9$  mm y el ecuatorial de  $6,9 \pm 0,8$  mm (Llerena et al., 2014). En la investigación de Tupuna (2012) el diámetro del fruto de mortiño fue de 6,5 mm, resultados similares a los obtenidos en esta investigación (Tabla 8). Según Ávila et al. (2007) y Coba et al. (2012) el diámetro del fruto de mortiño fluctuó entre 5 a 10 mm. Otros autores como Rincón et al. (2012) reportaron que el diámetro varía entre 7 a 15 mm. Esto puede variar por algunos factores como la deshidratación que se da durante el almacenamiento (Ávila et al., 2007 y Rincón et al., 2012).

### **5.1.3. Número de semilla por fruto**

Como se observa en la tabla 7, al realizar el análisis de varianza para el número de semillas presentes en el fruto de mortiño de las cinco localidades analizadas, se pudo apreciar que existen diferencias estadísticas entre ellas, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. El coeficiente de variación para el número de semillas presentes en el fruto es de 18,37 %.

En las diferencias estadísticas entre el número de semillas presentes en los frutos de mortiño de las localidades (Tabla 8), se detectaron tres grupos (a, b y ab), los cuales oscilan de  $78 \pm 14$  en la localidad de Jatun Huaico de la provincia de Imbabura, mientras que los frutos con menor número de semillas ( $39 \pm 1$ ) se obtuvo en la localidad Ajospamba de la provincia de Chimborazo.

En esta especie no se tiene datos específicos sobre el número de semillas del fruto (Torres P. et al., 2010), pero según Rincón et al., (2012) el mortiño tiene de 15 a 37 semillas por fruto y esto depende del tamaño del mismo. La humedad y fertilidad del suelo en donde crece la planta de mortiño influye en el tamaño del fruto. Castillo y De Janon (2018) realizaron un estudio del mortiño de algunas localidades de los páramos ecuatorianos con un número de semilla promedio del fruto de 34 a 52. En investigaciones sobre el arándano que es una baya similar al mortiño, se han reportado de 20 a 100 semillas por fruto, en donde relacionan el grado de madurez del fruto con el número de semillas (García y García, 2006), todos los datos anteriores coinciden con los resultados de la presente investigación (Tabla 8).

#### 5.1.4. pH

En la tabla 9, se observa el análisis de varianza para el pH del fruto de mortiño de las cinco localidades estudiadas, en donde se puede apreciar que existen diferencias estadísticas entre ellas, por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. El coeficiente de variación fue de 1,7%.

Tabla 9.

*Análisis de varianza de las características químicas del fruto de mortiño de cinco localidades de los Páramos de la Sierra ecuatoriana, 2018.*

	pH			Acidez(%)		SST (°BRIX)	
	gl	SC	CM	SC	CM	SC	CM
<b>F de V</b>							
<b>Total</b>	14	0,11		1,41		65,21	
<b>Tratamientos</b>	4	0,08	0,02**	1,4	0,35**	57,89	14,47**
<b>E. E.</b>	8	0,03	0,003	0,02	0,002	7,33	0,73
<b>CV (%)</b>		1,7		3,14		6,87	

*Nota:*\*\* diferencias significativas al 1%.

La separación de medias para esta variable permitió detectar tres rangos ( a, b y ab), el mayor pH (3,08) presentó la localidad de Jatun Huaico de la provincia de Imbabura, mientras que los frutos con menor pH (2,88) en la localidad del Río Putulú provincia de Chimborazo como se puede ver en la tabla 10.

En un estudio realizado por Ávila et al., (2007), el fruto de mortiño presento un pH de (3,02) y Llerena et al. (2014) reportó un pH de (3,2). Los resultados anteriores son similares a los obtenidos en este estudio (Tabla 10). Según Darmel (2000) el pH del fruto se puede ver influenciado por el pH del suelo. En el Anexo 4, se presenta el pH del suelo de la localidad de Jatun Huaico con 5,87 y el del Río Putulú con 5,92; posiblemente este es un factor por el cual el pH del fruto de mortiño es ácido.

Tabla 10.

*Promedios de las características químicas del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018.*

<b>Localidad</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (%)</b>	<b>pH suelo</b>	<b>SST (°BRIX)</b>
Culebrillas	3,08±0,006 a	1,02±0,013 c	5,67	12,23±0,404 bc
Jatun Huaico	2,96±0,078 ab	1,13±0,046 c	5,87	10,40±1,706 c
Pucará	3,00±0,020 ab	1,32±0,022 b	5,97	13,60±0,458 ab
Río Putulú	2,88±0,020 b	1,85±0,056 a	5,92	10,50±0,608 c
Ajospamba	3,07±0,078 a	1,06±0,047 c	5,99	15,60±0,100 ab

*Nota:* promedios seguidos de la misma letra, son estadísticamente iguales con Tukey (5%)

### **5.1.5 Acidez (%)**

En tabla 9, se puede observar el análisis de varianza de la acidez del fruto de mortiño las localidades estudiadas, en donde se tuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. Coeficiente de variación del análisis de acidez fue de 3,14 %.

En la tabla 11, se presentan los promedios de la acidez de los frutos de mortiño de las cinco localidades, donde se encontró diferencias estadísticas a través de Tukey al 5%, se presentaron tres rangos (a, b y c) los cuales fluctúan de 1,85 % en la localidad de Río Putulú de la provincia de Chimborazo a 1,02 % los frutos de la localidad de Culebrillas provincia de Bolívar.

Existen varios estudios sobre la acidez del fruto de mortiño, algunos reportes sobre la acidez son Prior y Wu (2006), 1,52% de acidez; Ávila et al. (2007), 1,44 % de acidez; Ligarreto (2009), 1,44% de acidez; Garzón, Narváez, Riedl, y Schwartz(2010), 1,35 % de acidez y por ultimo Llerena et al., (2014) 0,96 %,

de acidez. Al comparar todos los datos anteriores con los resultados de esta investigación (Tabla 10) se observa que están dentro de un mismo rango, lo cual permite confirmar que la acidez no varía mucho entre las diferentes localidades. La acidez del fruto se cree que varía por las características climáticas, geográficas y el pH del suelo de la localidad estudiada, por ello, se considera que el pH del suelo afecta al porcentaje de acidez del fruto de mortiño. Según una investigación sobre los suelos en los Páramos ecuatorianos realizada por Podwojewski y Poulénard (2000), explican el motivo de variabilidad en la composición del suelo para cada localidad en donde concluye, que el clima, roca madre y edad de cada suelo son los que determinan la composición química del mismo, existen dos tipos de suelo los que han estado expuestos a actividad volcánica y los que han estado expuestos. La roca madre de origen volcánico depende del tipo de erupción, para marcar la calidad química y el tipo de minerales y la de origen no volcánico son tipo sedimentario provenientes de anteriores eventos volcánicos, esto es lo que marca la variabilidad entre las localidades. Se vio importante resaltar esa información ya que, dentro de una investigación de Ligarreto (2009), reporta que el pH del suelo donde crece el mortiño está entre 4,4 a 5,4 y el presente estudio el pH del suelo está entre 5,99 y 5,67 de las localidades Ajospamba y Culebrilla respectivamente (Tabla 10), con los datos anteriores se puede observar que posiblemente existe una relación entre el pH del suelo y la acidez del fruto de cada localidad.

#### **5.1.6. Sólidos Solubles Totales (°Brix)**

En el análisis de varianza para los Sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de mortiño de las localidades estudiadas en el presente trabajo, en donde se tuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. Se obtuvo un coeficiente de variación de 6,97% (Tabla 9).

La prueba de separación de media de Tukey al 5% permitió detectar tres grupos (ab, bc y c) en donde el valor más alto fue para las localidades de Ajospamba de la provincia de Chimborazo y Pucará-Tungurahua con 15,60 y

13.6 °Brix, respetivamente, mientras que el menor valor (10,40 °Brix) fue para la localidad Jatun Huaico de la provincia de Imbabura (Tabla 10).

En algunas investigaciones que se analizaron los Sólidos Solubles Totales del fruto de mortiño, estos variaron entre 14,13 °Brix (Ligarreto, 2009); 7 °Brix (Garzón et al., 2010); 11 °Brix (Tupuna, 2012) y finalmente 11,81 ° Brix (Llerena et al., 2014). Si estos resultados comparamos con los de la presente investigación (Tabla 10) se puede inferir que están dentro de un mismo rango.

## 5.2. Compuesto Bioactivos del fruto de mortiño

Previo a realizar los análisis para determinar la cantidad de Polifenoles totales, Flavonoides totales, capacidad antioxidante y Antocianinas totales presentes en el fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra del Ecuador, se realizaron pruebas de linealidad, precisión y exactitud para validar los protocolos y procedimientos, los mismo que están detallados en el Anexo 3.

### 5.2.1. Polifenoles totales (mg ácido gálico\*100g<sup>-1</sup>)

Cuando se realizó el análisis de varianza para Polifenoles totales (mg\*100g<sup>-1</sup>) del fruto de mortiño de las cinco localidades, se pudo apreciar que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 11), por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación fue de 2,91 %.

Tabla 11.

*Análisis de varianza de los compuestos bioactivos del fruto de mortiño de cinco localidades de los páramos de la Sierra ecuatoriana, 2018*

Localidad	Polifenoles totales (mg/100g)	Flavonoides totales (mg/100g)	Capacidad antioxidante (mg/100g)	Antocianinas (mg/100g)
Culebrillas-Bolivar	6283,7 ±181 a	3175,9±53 c	816,09±17,45 b	2751,39±117,727 a
Jatun Huaico- Imbabura	5983,4±93,8 a	3187,5±60,1 c	750,7±21,095 c	2898,66±15,463 a
Pucara- Tungurahua	5145,1±133,1 b	4298,6±91,8 b	869,3±33,603 a	2243,58±36,065 b
Río Putulu- Chimborazo	5326,5±187,6 b	4657,4±53 a	856,48±21,443 ab	1397,37±40,435 c
Ajospamba- Chimborazo	5351,6±174,3 b	4657,4±100,2 a	841,09±8,006 ab	2868,28±197,333 a

Nota: \*\* Existen diferencias estadísticas altamente significativas al 1%

Las diferencias fueron altamente significativas entre tratamientos de Polifenoles totales presentes en los frutos de mortiño. En la prueba de separación de media existieron dos grupos (a y b), la mayor cantidad de Polifenoles totales se presentaron en la localidad de Culebrillas provincia de Bolívar con 6284,7

mg\*100 g<sup>-1</sup> y la menor cantidad (5145,1 mg\*100 g<sup>-1</sup>) en la localidad Pucará de la provincia de Tungurahua (Tabla 12).

La bibliografía reporta distintos valores de polifenoles totales presente en el fruto de mortiño ecuatoriano (*Vaccinium floribundum* Kunt); Llivisaca et al., (2018) en frutos provenientes de la provincia de Pichincha reportó (1461 ± 134,4 mg a. gálico\*100 g<sup>-1</sup> en materia seca), y en Chimborazo fue menor con (1073,7 ± 67,1 mg a. gálico\*100 g<sup>-1</sup>). Por otro lado, se registraron valores más altos en los estudios de Garcia et al., (2015) con 3110,34 mg a. gálico\*100 g<sup>-1</sup>; Llerena et al., (2014), reportó 7254,62 ± 430 mg a. gálico\*100 g<sup>-1</sup>; Tupuna (2012), con 8104.52 mg a. gálico\*100 g<sup>-1</sup> y Vasco et al., (2009) con 9799,02 mg a. gálico/ 100 g. Estas cantidades concuerdan con los resultados obtenidos en la presente investigación (Tabla 12). Según Ligarreto, Patiño, y Magnitskiy (2011), las diferencias de cantidad de polifenoles totales entre localidades se deben principalmente al clima, características geográficas y variación genética de los materiales genéticos. Por otro lado, Goyali, Igamberdiev, y Debnath (2013), confirman que la presencia de polifenoles en el fruto se relaciona directamente con la composición y características del suelo, radiación, altura y temperatura de cada localidad. En la investigación de Rodarte, Eichholz, Rohn, Kroh, y Huyskens, (2008) aseguran que cuando la madurez del fruto es mayor, el contenido de polifenoles totales presentes en el fruto de mortiño aumenta.

Tabla 12.

*Promedios de las compuesto bioactivos del fruto de mortiño de cinco localidades de la Sierra ecuatoriana, 2018*

Localidad	Polifenoles totales (mg/100g)	Flavonoides totales (mg/100g)	Capacidad antioxidante (mg/100g)	Antocianinas (mg/100g)
Culebrillas-Bolivar	6283,7 ±181 a	3175,9±53 c	816,09±17,45 b	2751,39±117,727 a
Jatun Huaico- Imbabura	5983,4±93,8 a	3187,5±60,1 c	750,7±21,095 c	2898,66±15,463 a
Pucara- Tungurahua	5145,1±133,1 b	4298,6±91,8 b	869,3±33,603 a	2243,58±36,065 b
Río Putulu- Chimborazo	5326,5±187,6 b	4657,4±53 a	856,48±21,443 ab	1397,37±40,435 c
Ajospamba- Chimborazo	5351,6±174,3 b	4657,4±100,2 a	841,09±8,006 ab	2868,28±197,333 a

Nota: Promedios seguidos de la misma letra, se consideran estadísticamente iguales con Tukey (5%)

### 5.2.2. Flavonoides totales (mg de Catequina\*100 g<sup>-1</sup>)

En análisis de varianza para el análisis de flavonoides totales (mg\*100g<sup>-1</sup>) del fruto de mortiño de las localidades estudiadas (Tabla 11), se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. El coeficiente de variación fue de 2,04 %.

En la prueba de separación de medidas utilizando Tukey (5%) se encontraron tres grupos (a, b y c). La mayor cantidad de flavonoides totales (4657,4 mg \*100g<sup>-1</sup>) se registró en las localidades del Río Putulú y Ajospamaba de la provincia de Chimborazo y la menor cantidad con (3175,9 mg\*100g<sup>-1</sup>) en la localidad de Culebrillas de la provincia de Bolívar (Tabla 12).

Se encontraron algunas investigaciones sobre el fruto de mortiño en donde se reportaron resultados sobre flavonoides totales: 2179,21 mg de catequina\*100g<sup>-1</sup> (Mayorga, 2012) y 1298,54 ± 6,36 mg de catequina\*100 g<sup>-1</sup> (Zapata, Piedrahita, Alzate, Cortés, y Rojano, 2015). Al comparar con los datos del presente estudio (Tabla 12) los resultados de flavonoides totales fueron considerablemente más altos que los encontrados en otras investigaciones. Es importante recordar que los flavonoides son uno de los compuestos responsables de brindar el color característico de cada fruta (Ribeiro et al., 2014). En la investigación de Jaakola y Hohtola (2010), se analizó el efecto que genera la altitud de las localidades en la biosíntesis de flavonoides en plantas, quien asegura que aumenta la cantidad de flavonoides cuando existe mayor presencia de luz solar, y que a mayor temperatura se disminuye este compuesto. Los frutos que presentaron mayor cantidad de flavonoides totales son provenientes de plantas expuestas comparadas con las otras localidades y esto pudo influenciar a que el fruto tenga mayor irradiación de luz durante su etapa de maduración brindándole mayor cantidad de este compuesto. Ya que los flavonoides son sintetizados en la planta durante el proceso de fotosíntesis, el cuál esta relacionado con la luz solar, con el fin de transportar los electrones, que se forman a partir de los aminoácidos y acetato (Martínez, González, Culebras, y Tuñón, 2002).

### **5.2.3. Capacidad antioxidante (mg trolox\*100 g<sup>-1</sup>)**

Cuando se realizó el análisis de varianza para la Capacidad antioxidante (mg\*100g<sup>-1</sup>) del fruto de mortiño (Tabla 11), se detecto diferencias estadísticas entre las localidades, por lo que se acepta la hipótesis alternativa rechazando la hipótesis nula. El coeficiente de variación del análisis de capacidad antioxidante fue de 2,23 %.

En la prueba de separación de media de tukey al 5% se registraron cuatro rangos (a, b, c y ab) mismos que se presntan en la Tabla 12, en donde se presentó la mayor capacidad antioxidante en la localidad de Pucará en la provincia de Tungurahua con 869,3 mg\*100 g<sup>-1</sup> y el menor con 750,7 mg\* 100 g<sup>-1</sup> de la localidad Jatun Huaico de la provincia de Imbabura. Es importante tener en cuenta que al secar la muestra de fruto de mortiño con aire caliente puede bajar la concentración de capacidad antioxidante, esto se debe a la degradación por calor (López et al., 2017).

Varios autores reportan resultados de capacidad antioxidante utilizando el método de ABTS, con 128,56 mg Trolox\* 100 g<sup>-1</sup> (Reque et al., 2014) ; 200,59 mg Trolox\* 100 g<sup>-1</sup> (Roldán, 2012) y 238,5 mg Trolox\* 100 g<sup>-1</sup> (Tupuna, 2012). Según Martz, Jaakola, Julkunen, y Stark, (2010), las diferencias entre cultivares de la variable capacidad antioxidante esta en función del estado de madurez del fruto, características geográficas de las localidades y las horas de irradiación de luz. En estudio realizado por (Rodarte et al., 2008) donde se analizó el cambio de capacidad antioxidante en cinco etapas de maduración del fruto de mortiño, llegó a la conclusión que la capacidad antioxidante se reduce conforme el fruto es más maduro. Por otro lado, se dice que el genotipo y las condiciones ambientales en donde crece la planta afecta directamente a la cantidad de capacidad antioxidante (Yuan et al., 2011).

### **5.2.4. Antocianinas totales (mg\*100 g<sup>-1</sup>)**

Cuando se realizó el análisis de varianza para las Antocianinas totales (mg\*100g<sup>-1</sup>) del fruto de mortiño (Tabla 11), se pudo apreciar que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. El coeficiente de variación fue de 3,96 %.

En la prueba de separación de medias existieron tres rangos (a, b y c) en donde la mayor cantidad de Antocianinas totales se encontró en la localidad de Jatun Huico en la provincia de Imbabura con  $2898,66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  y el menor en la localidad de Río Putulú de la provincia de Chimborazo con  $1397,37 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (Tabla 12).

En investigaciones realizadas sobre el contenido de antocianinas totales en el fruto de mortiño los resultados varían entre  $2682,30 \pm 602,92 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  como lo reportó (Llerena et al., 2014). En una investigación de Vasco et al. (2009),  $3832,95 \text{ (mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1})$  y Según Garcia et al. (2015),  $2781,98 \text{ (mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1})$ . Estos valores con los resultados encontrados en este estudio forman un mismo rango (Tabla 12). En una investigación Poo (2005) asegura que la temperatura a la que se ve expuesta el fruto del mortiño influye en la cantidad de antocianinas. Mientras que, Mazza (2000), menciona que las antocianinas están relacionadas con varios factores como pH, enzimas, el oxígeno y existe interacción de sustancias orgánicas como los polifenoles y flavonoides que son los encargados de brindar estabilidad al color brillante e intenso de color negro azulado característico del fruto de mortiño, este factor se denomina pigmentación. Es por ello que al comprar las muestras del fruto de mortiño liofilizado de cada localidad (Anexo 5), se encontró que la pigmentación de la muestra de Río Putulú tenía una coloración diferente a las demás con un tono más bajo y casi rosado, esto puede estar relacionado con la temporada de cosecha del fruto y considerando que la planta de mortiño estaba más expuesta a los rayos del sol, los cuales aumentan la temperatura y disminuyen la cantidad de antocianinas totales (Yuan et al., 2011).

## **6. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1. Conclusiones**

El peso del fruto de mortiño más alto fue en la localidad de Pucará-Tungurahua con 0.40 g. El mayor diámetro polar del fruto se alcanzó en Culebrillas- Bolívar ( $7,86 \pm 0,611$  mm). Mientras que, el mayor número de semillas del fruto fue en Jatun Huaico-Imbabura ( $78 \pm 14$ ).

En los análisis químicos el pH vario de 2.88 en el Río Putulú-Chimborazo a 3,08 en Culebrillas-Bolívar. La mayor acidez (1,85 %) se presntó en la localidad del Río Putulú de la provincia de Chimborazo y los SST mayores (15,60 °Brix) fue en Ajospamba-Chimborazo.

Los polifenoles totales mas altos ( $6284,7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) se encontraron en Culebrillas provincia de Bolívar. Mientras que en las localidades de Río Putulú y Ajospamaba provincia de Chimborazo se presentaron los valores más altos en flavonoides totales con  $4657,4 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . El valor más alto en capacidad antioxidante ( $869,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) fue en Pucará provincia de Tungurahua. Por otro lado, las antocianinas totales más alto ( $2898,66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) se encontraron en Jatun Huico provincia de Imbabura.

Del estudio se puede inferir la existencia de diferencias estadísticas entre localidades para las características físicas (diámetro polar y número de semilla), químicas (pH, acidez y SST) y compuestos bioactivos (polifenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante y antocianinas totales) de los frutos de mortiño.

La información recopilada en el presente proyecto de titulación es relevante, ya que brinda un aporte a la agroindustria, que está interesada en poder utilizar las propiedades y beneficios del mortiño en beneficio de las personas.

### **6.2. Recomendaciones**

Es necesario completar la investigación en localidades de las provincias del Austro (Cañar, Azuay y Loja), para tener un estudio que permita conocer las composición química de los frutos de mortiño de toda la Sierra del Ecuador y poder seleccionar los materiales de mayor potencial.

Se recomienda realizar investigaciones en el área de biotecnología con la información obtenida en el presente estudio, con el fin de, precautelar las plantas de mortiño con mayor capacidad antioxidante.

Considerando que el fruto de mortiño tiene alto contenido de compuestos bioactivos comparando con otros frutos, se recomienda incorporar en formulaciones de productos alimenticios, para beneficio de los consumidores.

## REFERENCIAS

- Ávila, H., Cuspoca, J., Fischer, G., Ligarreto, G., Quicazán, M. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) ALMACENADO A 2°C, 60(2), 4179–4193. Recuperado el 26 de julio de 2018 de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/viewFile/24466/25058>
- Biesalski, H. K., Dragsted, L. O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Müller, M., Schrenk, D., y Weber, P. (2009). Bioactive compounds: Safety and efficacy. *Nutrition*, 25(11–12), 1206–1211. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.06.014>
- Burg, S. (2004). Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh products, p. 654. <https://doi.org/10.1079/9780851998015.0000>
- Cacace, J., y Mazza, G. (2003). Optimization of Extraction of Anthocyanins from Black Currants with Aqueous Ethanol. *Plating and Surface Finishing*, 82(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb14146.x>
- Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Anales*, 372(1), p.77–92.
- Canter, P., y Ernst, E. (2004). Anthocyanosides of *Vaccinium myrtillus* (Bilberry) for Night Vision—A Systematic Review of Placebo-Controlled Trials, 49(1). <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2003.10.006>
- Cárdenas, G., Arrazola, G., y Villalba, M. (2015). Frutas tropicales : fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos, 17, 29–40. <https://doi.org/10.1002/fsn3.638>
- Castillo, M., y De Janon, M. (2018). Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), En la sierra norte del Ecuador. Universidad de las Américas. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10240>
- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M., Yugsi, E., y Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 16(2), 5–13. Recuperado 28 de julio de 2018 de [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8831/1/Estudio etnobotanico del mortino como alimento ancestral y potencial alimento funcional.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8831/1/Estudio%20etnobotanico%20del%20mortino%20como%20alimento%20ancestral%20y%20potencial%20alimento%20funcional.pdf)
- De Pascual, S., y Sanchez, M. (2008). Anthocyanins : from plant to health, (October 2007), 281–299. <https://doi.org/10.1007/s11101-007-9074-0>
- FAO. (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. *Documentos Das FAO*, 136. Recuperado el 16 de agosto de 2018 de <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>

- García, A., Girones, A., Moreno, D., Barrio, D., León, P., Anaguano, M., y Ruales, J. (2015). Fracción fenólica del mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth): potencial ingrediente funcional. *XVII congreso latinoamericano de nutrición (SLAN)* (Vol. 65, p. 226). Recuperado el 18 de agosto de 2018 de [www.slan2015.com](http://www.slan2015.com)
- García, J., y García, G. (2006). Orientaciones para el cultivo del arándano. España. Recuperado el 18 de agosto de 2018 de [http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento\\_173.pdf](http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf)
- Garzón, G. (2008). las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos, *13*(3), p.27–36. Recuperado el 21 de agosto de 2018 de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11337/12000>
- Garzón, G., Narváez, C., Riedl, K., y Schwartz, S. (2010). Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. *Food Chemistry*, *122*(4), 980–986. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017>
- Gaviria, C., Ochoa, C., y Sánchez, N. (2009). Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*, (June 2016), 93–112. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3509.8084>
- Geoinformática y Sistemas Cia.Ltda. (2015). Estudio del Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua, 1–238. Recuperado el 26 de agosto de 2018 de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/download/56cc8cc283ba883024c8c031>
- Goyali, J., Igamberdiev, A., y Debnath, S. (2013). Morphology , phenolic content and antioxidant capacity of lowbush blueberry ( *Vaccinium angustifolium* Ait .) plants as affected by in vitro and ex vitro propagation methods. *Canadian Journal of Plan Science*, *93*(6), p.1001–1008. <https://doi.org/10.4141/CJPS2012-307>
- Herrera, F., Betancur, D., y Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad ; péptidos biológicamente activos, *29*(1), p.10–20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Ho, K., Tsai, C., Huang, J., Chen, C., Lin, T., y Lin, C. (2001). Antimicrobial activity of tannin components from *Vaccinium vitis-idaea* L ., *Food Science and Technology*, 187–191 <https://doi/abs/10.1211/0022357011775389>.
- Illupapalayam, V., Smith, S., y Gamlath, S. (2014). LWT - Food Science and Technology Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices. *LWT - Food Science and Technology*, *55*(1), p.255–262. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.025>

- Jaakola, L., y Hohtola, A. (2010). Effect of latitude on flavonoid biosynthesis in plants. *Plant, Cell and Environment*, 33, p.1239–1247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02154.x>
- Jiménez, A., Sierra, C., Rodríguez, F., González, M., Heredia, F., y Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa ( *Passiflora edulis Sims . foedulis* ) fruit from Colombia during the ripening. *FRIN*, 44(7), p.1912–1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>
- Jiménez, F. (2013). Emulsiones múltiples ; compuestos bioactivos y alimentos funcionales *\**, 28(5), 1413–1421. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6673>
- Kader, A. (2013). Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork, 8(1), 1–8. Recuperado el 10 de septiembre de 2018 de <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-2531.pdf>
- Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T., y Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923–933. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00438-2)
- Lee, J., y Wrolstad, R. (2004). Extraction of Anthocyanins and Polyphenolics from blueberry processing waste. *JFS: Food Chemistry and Toxicology*, 69(7), C564–C573. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13651.x>
- León, J., González, T., y Gil, A. (2017). Fitogeografía y morfología de los *Vaccinium* (Ericaceae) “arándanos nativos” del Perú Phytogeography. *INDES Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable*, 3(1), 99–107. <https://doi.org/10.25127/indes.201501.00>
- Ligarreto, G. (2009). *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz) en la zona altoandina colombiana* (1st ed). Bogotá. Recuperado el 15 de septiembre de 2018 de <https://docplayer.es/53871386-Perspectivas-del-cultivo-de-agraz-o-mortino-vaccinium-meridionale-swartz.html>
- Ligarreto, G., Patiño, M., y Magnitskiy, S. (2011). Phenotypic plasticity of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in wild populations of mountain forests in Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 569–583.
- Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., y Brito, B. (2014). Caracterización fisicoquímica y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorinas. *Variedades de Papa Cultivadas En El Ecuador*, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2004.06.034>
- Lluisaca, S., Manzano, P., Ruales, J., Flores, J., Esther, M., y Juan, P. (2018). Chemical , antimicrobial , and molecular characterization of mortiño ( *Vaccinium floribundum* Kunth ) fruits and leaves, (January), 1–9. <https://doi.org/10.1002/fsn3.638>
- López, E., Pilatowsky, I., Cortés, F., Rojano, B., y Navarro, A. (2017). Effect of temperature on antioxidant capacity during drying process of mortiño

- (*Vaccinium meridionale* Swartz). *International Journal of Food Properties*, 20(2), 294–305. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1155601>
- Luby, J., Ballington, J., Draper, A., Pliszka, K., y Austin, M. (1991). blueberries and cranberries (*Vaccinium*).pdf. Wageningen. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.290.9>
- Maldonado, M., Arango, S., y Rojano, B. (2014). Free radical scavenging capacity and cytotoxic and antiproliferative effects of *Vaccinium meridionale* Sw . against colon cancer cell lines, 19(2), 172–184. Recuperado el 19 de septiembre de 2018 de <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v19n2/pla06214.pdf>
- Martínez, C. (2006). Atlas socioambiental de Cotopaxi. Flacso, 1–29. Recuperado el 19 de septiembre de 2018 <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=43289>
- Martínez, S., González, J., Culebras, J., y Tuñón, M. (2002). Los flavonoides : propiedades y acciones antioxidantes, 271–278. Recuperado el 22 de septiembre de 2018 de <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>
- Martz, F., Jaakola, L., Julkunen, R., y Stark, S. (2010). Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) Leaves in Northern Europe Following Foliar Development and Along Environmental Gradients. *Chemical Ecology*, 36, 1017–1028. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9836-9>
- Mayorga, M. (2012). Estudio del efecto de la deshidratación por aire sobre la capacidad antioxidante del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth. Recuperado el 23 de septiembre de 2018 de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4988/1/51191\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4988/1/51191_1.pdf)
- Mazza, G. (2000). *Alimentos Funcionales, Aspectos Bioquímicos y de Procesado*. (Acribia S.). España.
- Milivojevic, J., Maksimovic, V., Nikolic, M., Bogdavic, J., Maletic, R., y Milatovic, D. (2011). Chemical and antioxidant properties of cultivated and wild fragaria and rubus berries. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00360.x>
- Moyer, R., Hummer, K., Finn, C., Frei, B., y Wrolstad, R. (2002). Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. *Journal of Food Science*, 115(6), 767–770. <https://doi.org/10.1021/jf011062r>
- Murphy, B., Mackinnon, S., Yan, X., Hammond, G., Vaisberg, A., y Neto, C. (2003). Identification of Triterpene Hydroxycinnamates with in Vitro Antitumor Activity from Whole Cranberry Fruit (*Vaccinium macrocarpon*), *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51 (12), pp 3541–3545

<https://doi/abs/10.1021/jf034114g>

- Ortega, R., Jiménez, A., y López, A. (2011). *Ciencia: Nutrición y salud*. Recuperado el 30 de septiembre de 2018 de [http://www.fundacionalimentum.org/media/File/PDF\\_web\\_Implicacion\\_Social\\_de\\_la\\_Industria\\_Alimentaria.pdf](http://www.fundacionalimentum.org/media/File/PDF_web_Implicacion_Social_de_la_Industria_Alimentaria.pdf)
- Papandreou, M., Dimakopoulou, A., Linardaki, Z., Cordopatis, P., Klimis-zacas, D., Margarity, M., y Lamari, F. (2009). Effect of a polyphenol-rich wild blueberry extract on cognitive performance of mice , brain antioxidant markers and acetylcholinesterase activity, *198*, 352–358. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.11.013>
- Parihar, A., y Parihar, M. (2017). Bioactive Food Components in the Prevention of Cardiovascular Diseases. *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*, 1–21. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_55-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_55-1)
- Parr, A. J., y Bolwell, G. P. (2000). Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(7), 985–1012. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7)
- Patil, B., Jayaprakasha, G., Chidambara, K., y Vikram, A. (2009). Bioactive compounds: Historical perspectives, opportunities and challenges. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(18), 8142–8160. <https://doi.org/10.1021/jf9000132>
- Podwojewski, P., y Poulenard, J. (2000). LOS SUELOS DE LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR. serie de Páramo 5, (January 2000), 1–75. Recuperado el 19 de julio de 2018 de <https://www.researchgate.net/publication/282170002%0ALos>
- Poo, S. (2005). Concentración de Antocianinas en Jugo de Cranberries ( *Vaccinium macrocarpon* Ait .) mediante Nanofiltración. Recuperado el 19 de agosto de 2018 de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fap821c/doc/fap821c.pdf>
- Prencipe, F., Bruni, R., Guerrini, A., Rossi, D., Benvenuti, S., y Pellati, F. (2014). Metabolite profiling of polyphenols in *Vaccinium* berries and determination of their chemopreventive properties. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *89*, 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.11.016>
- Prior, R., y Wu, X. (2006). Anthocyanins : Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities \*, *40*(October), 1014–1028. <https://doi.org/10.1080/10715760600758522>
- Ravishankar, D., Rajora, A., Greco, F., & Osborn, H. (2013). The International Journal of Biochemistry Flavonoids as prospective compounds for anti-cancer therapy. *International Journal of Biochemistry and Cell*

*Biology*, 45(12), 2821–2831.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocel.2013.10.004>

- Reque, P., Steffens, R., Martins da Silva, A., Jablonski, A., Flores, S., Rios, A., y Vogt de Jong, E. (2014). Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. *Food Science and Technology*, 34(4), 773–779. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6470>
- Ribeiro, L., Teixeira, E., Pontes, N., Pinto, I., Wilane, R., Montenegro, I., y Gomes, C. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 398–404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.001>
- Rincón, M., Buitrago, C., Ligarreto, G., Torres, W., y Balaguera, H. (2012). Comportamiento del Fruto de Agrad ( *Vaccinium meridionale* Swartz ) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración, 65, 6621–6631. Recuperado el 16 de agosto de 2018 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179925831006%0D>
- Rodarte, A., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L., y Huyskens, S. (2008). Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening, 109, 564–572. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.007>
- Roldán, S. (2012). Caracterización molecular, funcional y estudio del comportamiento post cosecha del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) de la comunidad de quinticusig del cantón sigchos de la provincia de cotopaxi proyecto. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 30 de noviembre de 2018 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5738>
- Santamaría, F., Sauri, E., Espadas, F., Díaz, R., Larqué, A., y Santamaría, J. (2009). Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya, 34, 583–588. Recuperado el 27 de septiembre de 2018 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913144010%0D>
- Seeram, N. (2008). Berry Fruits for Cancer Prevention: Current Status and Future Prospects, 630–635. <https://doi.org/10.1021/jf072504n>
- Sellappan, S., Akoh, C., y Krewer, G. (2002). Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries, 2432–2438. <https://doi.org/10.1021/jf011097r>
- Torres P., M. D. L., Trujillo P., D., y Arahana B., V. S. (2010). Cultivo in vitro del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 2(2), 57. <https://doi.org/10.18272/aci.v2i2.27>
- Tupuna, D. (2012). *Obtención de jugo concentrado clarificado de mortiño mediante el uso de tecnología de membranas*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Ecuador.
- Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., y Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (*vaccinium*

- floribundum kunth). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8274–8281. <https://doi.org/10.1021/jf9013586>
- Yuan, W., Zhou, L., Deng, G., Wang, P., Creech, D., y Li, S. (2011). Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity of *Vaccinium L.* in Texas, USA . *Pharmaceutical Crops*, 2(1), 11–23. <https://doi.org/10.2174/2210290601102010011>
- Zapata, A., Piedrahita, A., Alzate, A., Cortés, F., y Rojano, B. (2015). Oxidative Stabilization of Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* Linneo) Oil with Mortiño (*Vaccinium Meridionale* SW). *Ciencia En Desarrollo*, 141–153. Recuperado el 26 de noviembre de 2018 de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-74882015000200003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882015000200003)

## **ANEXOS**

## ANEXOS

**Anexo 1.** Mapa de las provincias del Ecuador donde se realizó muestreo de fruto de mortiño, 2018.



**Anexo 2.** Protocolos utilizados en los análisis de compuestos bioactivos del fruto de mortiño, 2018

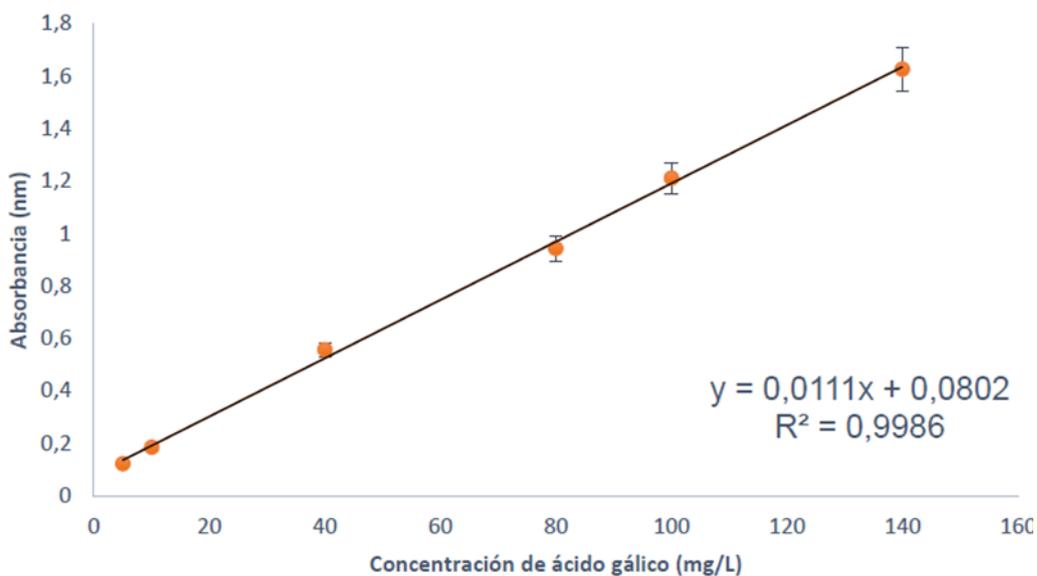
Protocolo	Solución extractora	Compuesto Bioactivo
Espectrofotometría UV-VIS de cross (Villeneuve y Vincent, 1982).	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metanol</li><li>• Agua destilada</li><li>• Ácido fórmico</li></ul>	Polifenoles totales
Zhishen, Mengcheng y Jianming, 1998.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metanol</li><li>• Agua destilada</li><li>• Ácido fórmico</li></ul>	Flavonoides totales

Re, Pllergini Proteggente, Pannala, Yang y Rice, 1998.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metanol</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Ácido fórmico</li> </ul>	Capacidad antioxidante
Rapisard, Fanella y Maccarone, 2000.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buffer pH 1,0: Cloruro de potasio (0,2N) y ácido clorhídrico (0,2N).</li> </ul>	Antocianinas totales
Sze. Ying Leong, 2012.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buffer pH 4,5: Acetato de sodio (1M) y ácido clorhídrico (1N).</li> </ul>	

**Anexo 3.** Curva de calibración, precisión y exactitud para validar los protocolos y métodos de Polifenoles totales, Flavonoides totales, Capacidad antioxidante y Antocianinas totales (Castillo y De Janon, 2018).

Polifenoles totales

Curva de calibración promedio:

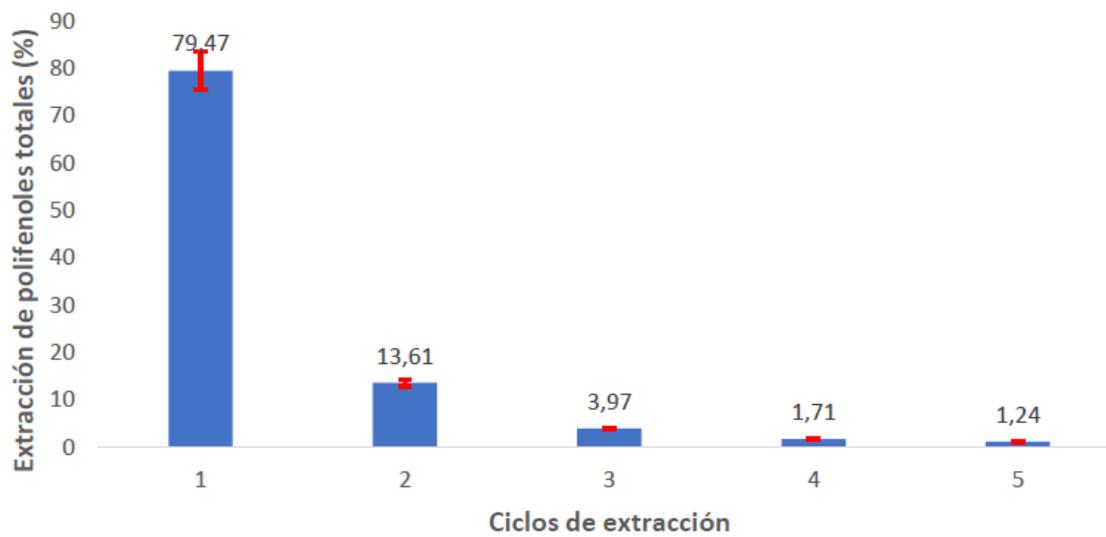


Estudio de precisión:

<b>Promedio mg/100 g ms</b>	58,61
<b>Desviación estándar</b>	2,78
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	4,74

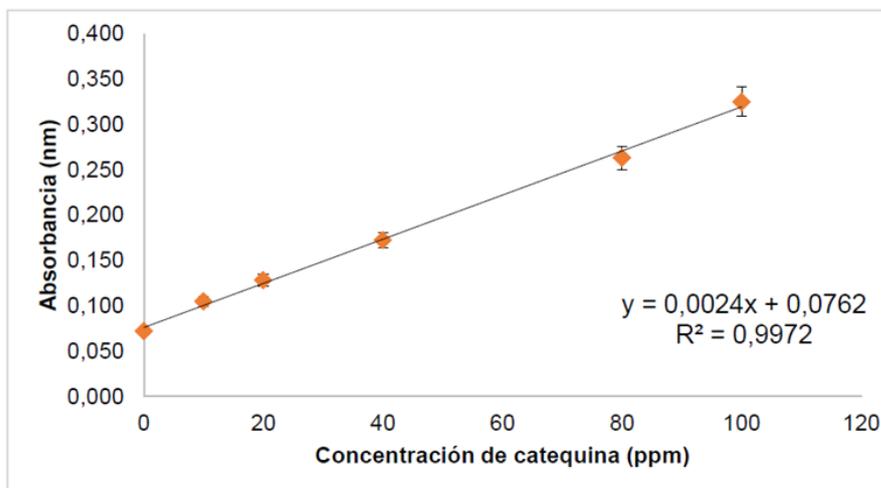
ms=materia seca

Análisis de exactitud:



Flavonoides

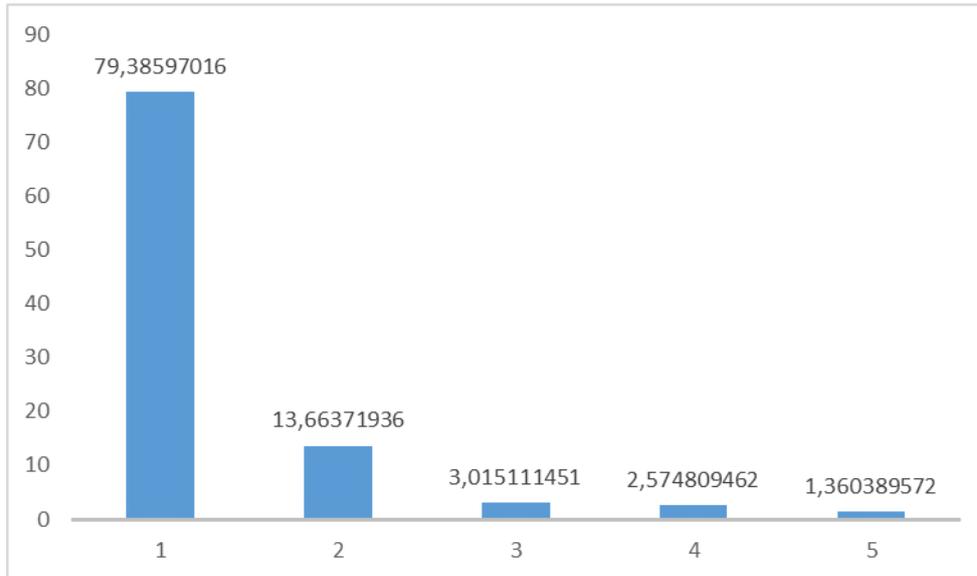
Curva de calibración promedio:



Análisis de precisión:

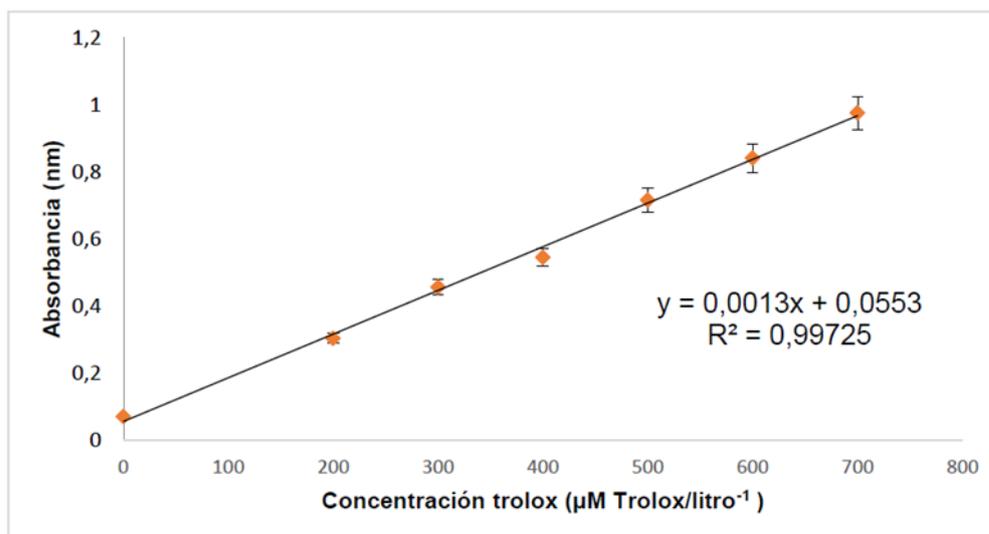
<b>Promedio (mg catequina/100 g ms)</b>	29,63
<b>Desviación estándar</b>	0,90
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	3,03

Análisis de exactitud:



Capacidad antioxidante

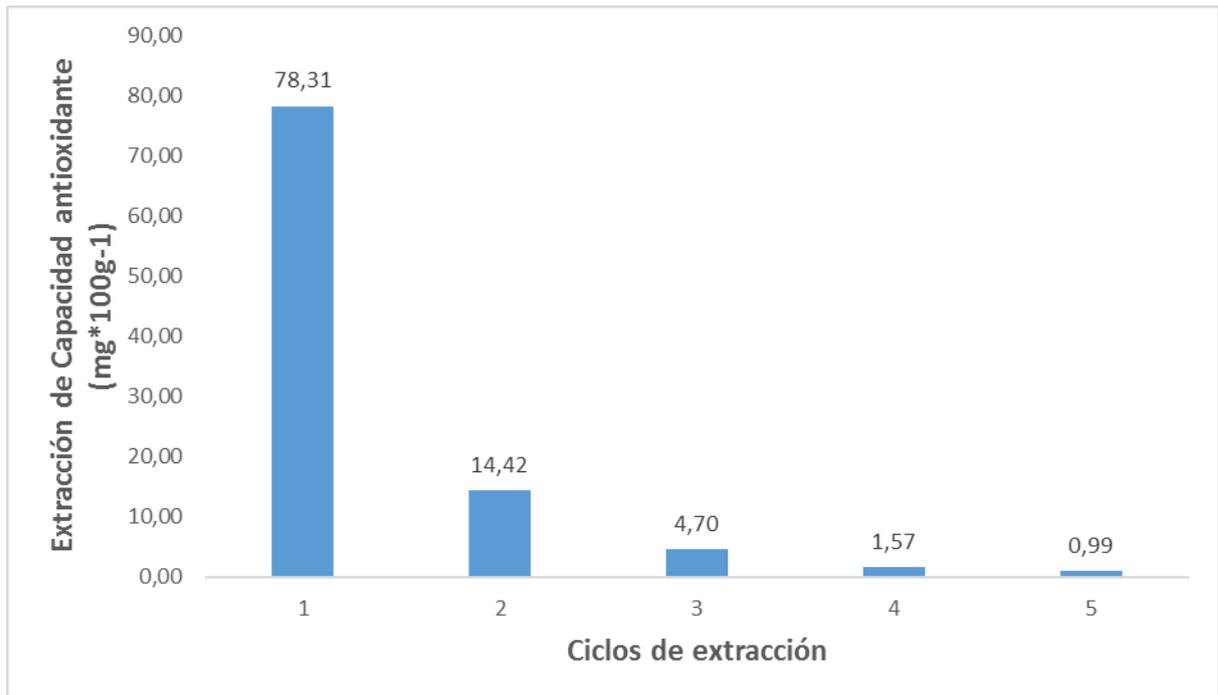
Curva de calibración promedio:



Análisis de precisión:

<b>Promedio (<math>\mu\text{mol Trolox / g}</math>)</b>	788,53
<b>Desviación Estándar</b>	35,29
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	4,47

Estudio de exactitud:

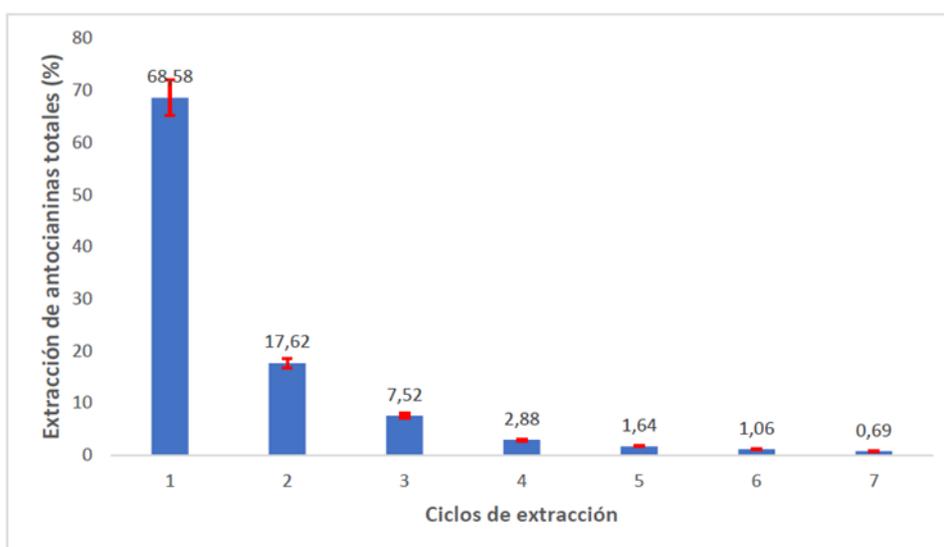


## Antocianinas totales

### Análisis de precisión:

<b>Promedio mg (Cy-3-glu)/100 g de ms</b>	3390,74
<b>Desviación Estándar</b>	253,27
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	7,47

### Análisis de exactitud:



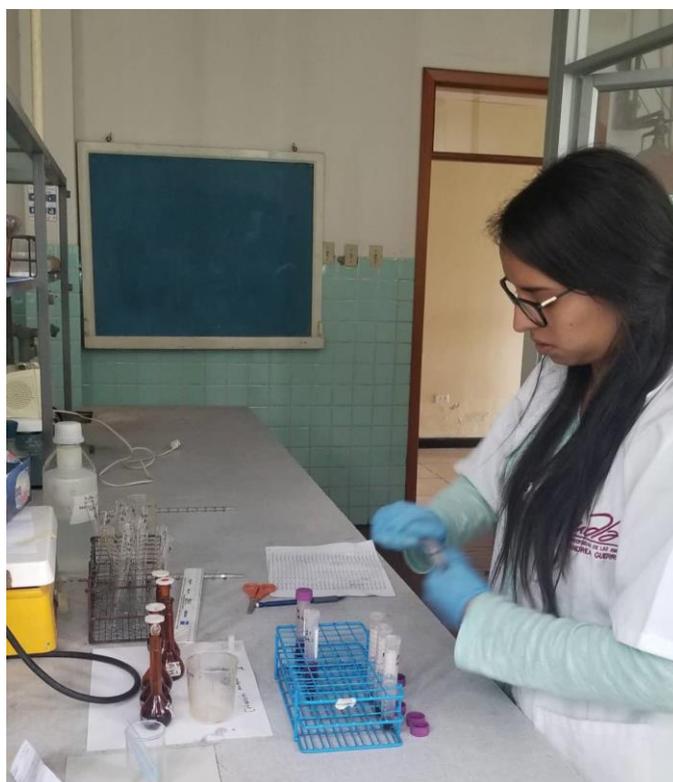
Anexo 4. Resultado del analisis de suelos de las cinco localidades estudiadas, 2018

Localidad	Ph	MO (%)	N (ppm)	P (ppm)	S (ppm)	K (meq/100ml)	Ca (meq/100ml)	Mg (meq/100ml)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
Culebrillas-Bolivar	5,67	12	55	19	8	0,32	9,5	1,6	5,4	3,5	302	10,7	0,5
Jatun Huaico- Imbabura	5,87	17	56	10	11	0,43	11,2	1,4	1	3	11	6,1	0,3
Pucara- Tungurahua	5,97	18,9	76	9,1	12	0,48	12,4	2,3	3,8	1,4	161	9,5	0,4
Río Putulu- Chimborazo	5,92	4,3	56	7,7	9	0,31	6,9	2,2	0,4	3,8	236	2,3	0,4
Ajospamba- Chimborazo	5,99	35,4	65	9,7	20	0,36	19	2,5	6,9	1,4	127	4,7	1

Anexo 5. Comparación de fruta liofilizada de las cinco localidades estudiadas, 2018.



Anexo 6. Proceso de extracción en los laboratorios del departamento de nutrición y calidad del INIAP, 2018.



Anexo 7. Primera salida con el Docente guía a la localidad de Culebrillas provincia de Bolivar, 2018



Anexo 8. Ayuda de la comunidad de Ajospamba, 2018



Anexo 9. Planta de mortiño de la localidad Río putulú en la provincia de Chimborazo, 2018



Anexo 10. Problema de crecimiento de la frontera agrícola en los paramos de localidad Culebrilla provincia de Bolívar, 2018



Anexo 11. Cosecha del fruto de mortiño de la localidad de Pucará de la provincia de Tungurahua, 2018



