

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA  
ARGUEDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:  
**Br. HILMER MESCO CRUZ**

**FLAVONOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS DE: *HESPEROMELES ESCALLONIIFOLIA* SCHLTDL (CAPACHU), *BERBERIS CUMMUTATA* EICHLER (HUANCACHU), *BERBERIS HUMBERTIANA* J.F. MACBR (CHEQCHE) Y *VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH* (ALAYBILÍ)**

Asesor:

**Ing. MSc. LIGARDA SAMANEZ, CARLOS ALBERTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA  
ARGUEDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:  
**Br. HILMER MESCO CRUZ**

**FLAVONOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS DE: *HESPEROMELES ESCALLONIIFOLIA* SCHLTDL (CAPACHU), *BERBERIS CUMMUTATA* EICHLER (HUANCACHU), *BERBERIS HUMBERTIANA* J.F. MACBR (CHEQCHE) Y *VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH* (ALAYBILÍ)**

Asesor:

**Ing. MSc. LIGARDA SAMANEZ, CARLOS ALBERTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

**2019**

## APROBACION DEL ASESOR



## APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

Ing. MSc. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ, por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, HILMER MESCO CRUZ ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "Flavonoides, Capacidad Antioxidante y Propiedades Físicoquímicas en Frutos de, *Hesperomeles escafloniifolia* Schldl (Capachu), *Berberis cummutata* Eichler (Huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (Cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (Alaybili)" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas 02 de noviembre del 2020,

Ing. MSc Carlos Alberto Ligarda Samanez  
**Asesor**

Br. Hilmer Mesco Cruz  
**Tesista**



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día lunes 16 de diciembre del año 2019, se reunieron los docentes: MSc. Fidelia Tapia Tadeo, MSc. David Choque Quispe, Mg. Fredy Taípe Pardo, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "FLAVONOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN FRUTOS, HESPEROMELES ESCALLONIFOLIA SCHLTDL (CAPACHU), BERBERIS CUMMUTATA ELCHLER (HUANCACHU), BERBERIS HUMBERTIANA J.F. MACHR (CHEQCHE) Y VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH (ALAYBILI)", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial HILMER MESCO CRUZ, el asesor MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: Aprobado por unanimidad al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial HILMER MESCO CRUZ, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Handwritten values: 16, Dieciséis, Muy Bueno.

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Signature of MSc. Fidelia Tapia Tadeo
MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Presidente del Jurado Evaluador

Signature of MSc. David Choque Quispe
MSc. David Choque Quispe
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Signature of Mg. Fredy Taípe Pardo
Mg. Fredy Taípe Pardo
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



## APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR



## APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: "Flavonoides, Capacidad Antioxidante y Propiedades Físicoquímicas en Frutos de, *Hesperomeles escalloniifolia* Schldl (Capachu), *Berberis cummutata* Eichler (Huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (Cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (Alaybili)"; para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**PRESIDENTE:** MSc. Ing. Fidelia Tapia Tadeo  
**PRIMER MIEMBRO:** MSc. Ing. David Choque Quispe  
**SEGUNDO MIEMBRO:** Mg. Ing. Fredy Taipe Pardo

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 16 del mes de diciembre de 2019

Andahuaylas 02 de noviembre del 2020

MSc. Ing. Fidelia Tapia Tadeo  
**PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR**

MSc. Ing. David Choque Quispe  
**PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**

Mg. Ing. Fredy Taipe Pardo  
**SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor y cariño a mis queridos padres (Ramón Mesco Quispe y Josefina Cruz Huaman), Hermanos, Docentes y Amigos, por estar siempre conmigo en todo momento.

**Hilmer.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi agradecimiento muy especial a mi asesor de la presente tesis al, Ing. Carlos Alberto Ligarda Samanez, por el apoyo brindado sin escatimar esfuerzos, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Asimismo, agradezco a mis docentes de la EPIA por su apoyo personal y humano, en especial al Ing. David Choque Quispe, Ing. Fredy Taipe Pardo, Ing. Fidelia Tapia Tadeo y la Blg. Maria del Carmen Delgado Layme, con quienes he compartido proyectos e ilusiones durante estos años. Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. Gracias por su amabilidad, su tiempo, ideas, su orientación y atención a mis consultas sobre metodología, mi agradecimiento a la Ing. Tania Sayori Salas Villano, así como al Ing Jimmi Aroni Huaman, Abelardo Vargas Yanahuilca, Junior Aguilar Serna por el material facilitado y las sugerencias recibidas. Pero un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales. Gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermana, porque con ellos compartí momentos inolvidables, que guardo en el recuerdo y es un aliento para seguir adelante. Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión. A todos, muchas gracias.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CHUMASQA.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	3
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	6
3.1.BASES TEÓRICAS.....	6
3.1.1.PIGMENTOS.....	6
3.1.2.COMPUESTOS BIOACTIVOS.....	6
3.1.3.COMPUESTOS FENÓLICOS.....	7
3.1.4.CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	13
3.1.5.POTENCIAL AGROINDUSTRIAL DE COMPUESTOS BÍOACTIVOS.....	21
3.1.6.CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.....	21
3.1.7.MEDIDAS DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS.....	22
3.2.MARCO CONCEPTUAL.....	25
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	27
4.1.LUGAR DE EJECUCIÓN.....	27
4.2.MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	27
4.3.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	29
4.4.TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
4.5.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	29
4.5.1.ACTIVIDADES PRELIMINARES.....	29
4.5.2.ANÁLISIS.....	30
4.5.3.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
4.5.4.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39



<b>5.1.CONTENIDO DE FLAVONOIDES PRESENTES EN FRUTOS.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.CAPACIDAD ANTIOXIDANTE PRESENTES EN FRUTOS.....</b>	<b>40</b>
<b>5.3.CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS.....</b>	<b>42</b>
<b>5.3.1.RESULTADOS DE pH DE LOS FRUTOS.....</b>	<b>42</b>
<b>5.3.2.HUMEDAD DE LOS FRUTOS .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3.3.SOLIDOS SOLUBLES (*BRUX) DE LOS FRUTOS .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3.4.ACIDEZ DE LOS FRUTOS .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3.5.ÍNDICE DE MADUREZ DE LOS FRUTOS.....</b>	<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Mecanismo de actuación de los antioxidantes primarios.....	16
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los antioxidantes.....	17
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad .....	18
<b>Tabla 4.</b> Forma molecular y características químicas principales del oxígeno .....	18
<b>Tabla 5.</b> Equipos e instrumentos de investigación .....	27
<b>Tabla 6.</b> Equipos e instrumentos de investigación .....	28
<b>Tabla 7.</b> Reactivos e insumos de laboratorio .....	28
<b>Tabla 8.</b> Matriz de diseño experimental.....	36
<b>Tabla 9.</b> Resultados del contenido de flavonoides en los frutos .....	39
<b>Tabla 10.</b> Resultados de capacidad antioxidante de frutos .....	41
<b>Tabla 11.</b> Resultados de potencial de Hidrogeniones (pH) de frutos.....	42
<b>Tabla 12.</b> Resultados de Humedad de frutos.....	44
<b>Tabla 13.</b> Resultados de Solidos Solubles (*Brix) de frutos .....	45
<b>Tabla 14.</b> Resultados de Acidez de frutos.....	47
<b>Tabla 15.</b> Resultados de Índice de madurez de frutos .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura de Flavón .....	10
<b>Figura 2.</b> Diferencias básicas de los aglucones de los flavonoides .....	10
<b>Figura 3.</b> Características estructurales de los principales tipos de flavonoides .	11
<b>Figura 4.</b> Reacción del DPPH con un agente oxidante.....	20
<b>Figura 5.</b> Diagrama de bloques de la metodología experimental para la determinación de flavonoides y capacidad antioxidante presentes en frutos .....	34
<b>Figura 6.</b> Diagrama de bloques de la metodología experimental para la determinación de características fisicoquímicas presentes en frutos .....	35
<b>Figura 7.</b> Comparación de medias Flavonoides .....	40
<b>Figura 8.</b> Comparación de medias de capacidad antioxidante .....	41
<b>Figura 9.</b> Comparación de medias pH.....	43
<b>Figura 10.</b> Comparación de medias para Humedad .....	45
<b>Figura 11.</b> Comparación de medias solidos solubles .....	46
<b>Figura 12.</b> Comparación de medias acidez .....	48
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias de Índice de madurez .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Cálculo de resultados de Flavonoides totales de frutos por tres repeticiones .....	60
<b>Anexo 2.</b> Cálculo de capacidad antioxidante de frutos por tres repeticiones .....	60
<b>Anexo 3.</b> Cálculo de capacidad pH y Solidos solubles *Brix de frutos por tres repeticiones .....	60
<b>Anexo 4.</b> Cálculo de la Humedad de frutos por tres repeticiones .....	61
<b>Anexo 5.</b> Cálculo de Acidez de frutos por tres repeticiones.....	61
<b>Anexo 6.</b> Cálculo de Índice de madurez de frutos por tres repeticiones .....	62
<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de flavonoides en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).....	62
<b>Anexo 8.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de capacidad antioxidante en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).....	63
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de pH en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA). .....	64
<b>Anexo 10.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Humedad °H en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).....	64
<b>Anexo 11.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Solidos solubles en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).....	65
<b>Anexo 12.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de acidez de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA) .....	66

<b>Anexo 13.</b> Análisis de varianza ANVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Índice de Madurez en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).....	66
<b>Anexo 14.</b> Gráfica de curva de calibración de Trolox de la capacidad antioxidante de los frutos .....	67
<b>Anexo 15.</b> Imágenes de frutos estudiados .....	68
<b>Anexo 16.</b> Imágenes de recolección de frutos estudiados.....	69
<b>Anexo 17.</b> Imágenes de recolección de frutos estudiados.....	70
<b>Anexo 18.</b> Matriz de consistencia.....	70

## ABREVIATURAS, SÍMBOLOS Y UNIDADES

ANVA	:	Análisis de varianza
AA	:	Actividad Antiradical
AT	:	Antocianinas Totales
Nm	:	Nanómetros
PFT	:	Polifenoles Totales
pH	:	Potencial de hidrogeniones
Y	:	Miligramos (mg) de ácido gálico equivalente / ml
V	:	Volumen de muestra
P	:	Peso de la muestra
m.s.	:	Proporción de materia seca
$\epsilon$	:	Coefficiente de extinción molar de cianidina 3- glucósido (26900 L*cm <sup>-1</sup> *mol <sup>-1</sup> ).



## RESUMEN

Las plantas son una fuente esencial de nutrientes biológicamente activos se encuentran como pigmentos y son requeridos en la dieta humana, fundamentalmente por su capacidad de inhibir oxidación celular, en esta investigación se estableció por objetivo determinar el contenido de flavonoides, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas presentes en frutos de *Hesperomeles escalloniifolia* Schltld (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí), frutos colectados y seleccionados con madurez, sin daños físicos y biológicos. Se determinaron el contenido de flavonoides por el método de decoloración radical por espectrofotometría, la capacidad antioxidante, a través del método de DPPH y las características fisicoquímicas como pH, humedad, sólidos solubles, Acidez e índice de madurez. Los análisis se reportaron por triplicado, los cuales fueron evaluados a través ANVA unifactorial y la comparación múltiple (LSD) al 5 % de significancia a través del uso del paquete estadístico de STATGRAPHICS y el utilitario Excel 2017. Los resultados obtenidos para flavonoides fueron, cheqche (CHE),  $1842 \pm 0.12$ , capachu (CAP)  $872 \pm 0.31$ , alaybili (ALA)  $851 \pm 0.09$  y huancachu (HUA)  $549 \pm 0.08$  expresados en (mg-*eq* catequina/100 g); respectivamente la capacidad antioxidante: HUA reporto  $107.00 \pm 0.08$ , ALA  $71.00 \pm 0.09$  CAP  $55.24 \pm 1.61$  y CHE  $32.20 \pm 1.66$  expresados en (mg/L) en cuanto a las características fisicoquímicas: el CAP presento pH  $4.0 \pm 0.50$ , CHE  $3.7 \pm 0.29$ , ALA  $3.2 \pm 0.29$  y HUA  $2.7 \pm 0.29$ ; humedad, HUA  $80.68 \pm 2.36$  %, ALA  $78.16 \pm 1.06$  %, CAP  $73.70 \pm 1.74$ % y CHE  $67.95 \pm 1.10$ %; sólidos solubles, CAP  $8.00 \pm 0.50$  \* Brix, ALA  $5.67 \pm 0.29$  \* Brix, HUA  $4.33 \pm 0.29$  \*Brix y CHE  $3.83 \pm 0.29$  \*Brix; en cuanto a Acidez, CHE  $0.58 \pm 0.02$ , CAP  $0.40 \pm 0.05$ , ALA  $0.22 \pm 0.03$ , HUA  $0.21 \pm 0.03$ , índice de madurez, ALA  $25.81 \pm 3.38$ , HUA  $20.62 \pm 2.05$ , CAP  $20.11 \pm 3.10$  y CHE  $6.63 \pm 0.45$ . Podemos destacar que los frutos tienen alto contenidos de flavonoides en particular el fruto CHE, respecto a la capacidad antioxidante el fruto HUA reporto mayor capacidad anti oxidante.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante, flavonoide, fisicoquímico.

## ABSTRACT

Plants are an essential source of biologically active nutrients, in the color that each of them present, pigments are very required in the human diet, mainly because of their ability to inhibit diseases by cellular oxidation, in this research they are by objective " To determine the flavonoid content, antioxidant capacity and physicochemical characteristics present in fruits *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* JF Macbr (cheqche) and *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí), latest collected and modern state maturity, without physical and biological damages. The results obtained in triplicate, were evaluated through ANOVA, and the multiple comparison by (LSD) at 95% and significance of 0.05, with the use of the statistical package of ESTATGRAPHICS and Excel 2017. Results results for flavonoids were, cheqche (CHE),  $1842 \pm 0.12$ , capachu (CAP)  $872 \pm 0.31$ , alaybili (ALA)  $851 \pm 0.09$  and huancachu (HUA)  $549 \pm 0.08$  expressed in (mg-eq catechin / 100 g); in terms of antioxidant capacity, obtain values for the product HUA  $107.00 \pm 0.08$ , ALA  $71.00 \pm 0.09$  CAP  $55.24 \pm 1.61$  and CHE  $32.20 \pm 1.66$  expressed in (mg / L) and finally the values of the physicochemical characteristics: pH CAP  $4.0 \pm 0.50$ , CHE  $3.7 \pm 0.29$ , ALA  $3.2 \pm 0.29$  and HUA  $2.7 \pm 0.29$ ; humidity, HUA  $80.68 \pm 2.36\%$ , ALA  $78.16 \pm 1.06\%$ , CAP  $73.70 \pm 1.74\%$  and CHE  $67.95 \pm 1.10\%$ ; soluble solids \* Brix, CAP  $8.00 \pm 0.50$  \* Brix, ALA  $5.67 \pm 0.29$  \* Brix, HUA  $4.33 \pm 0.29$  \* Brix and CHE  $3.83 \pm 0.29$  \* Brix; Acidity, CHE  $0.58 \pm 0.02$ , CAP  $0.40 \pm 0.05$ , ALA  $0.22 \pm 0.03$ , HUA  $0.21 \pm 0.03$  and the maturity index, ALA  $25.81 \pm 3.38$ , HUA  $20.62 \pm 2.05$ , CAP  $20.11 \pm 3.10$  and CHE  $6.63 \pm 0.45$ .

We can highlight that the fruits have a high flavonoid content, in particular the *Berberis humbertiana* J.F. Macbr because of its high flavonoid content and antioxidant capacity. In the food industry, it is an alternative to obtain natural dyes from Andean fruits. This merits studies that emphasize their biological value that benefits human health.

**Keywords:** Antioxidant, flavonoid capacity, physicochemical.

## CHUMASQA

Kawsaykunaqa ancha allin kanapaq mikuytam waqaychan, kaymi tarikun llimpinkunapi, chaymi mikuna qispichinapaq ancha maskasqa, célula nisqa qilli churakunan amachasqanman hina. Kay kuskiy, maskapaymi *Hesperomeles escalloniifolia* Schltl (Kapachu), *Berberis cummutata* Eichler (wankachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (chiqchi) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaywilí), nisqa kawsay rurukunapi flavonoides nisqa (kawsaypa llimpin, asnaynin, wiswiynipas kanmi), célula nisqa mana qilli churakunanpaq amachaqninkunata, hinaspá característica fisicoquímica nisqa rikuripusqankuna yachanapaq rurakurqa. Kay rurukunaqa puqusqa kasqanman hina, mana ismusqa, utaq urusqa kasqanman hinam akllakurqa. Flavonoides nisqayuyq kasqan hawanapaqmi llimpin chinkarichiypuni rurakurqa, decoloración radical nisqa, kaytam rurarqa espectrofotometría nisqawan; mana kawsayninchikpi qilli kananapaq amachasqan yachanapaqñataqmi (capacidad antioxidante), DPPH nisqa ñan, método nisqa qatipasqa karqa, chaynallataq característica fisicoquímica nisqa rikuripusqankuna yachanapaq yakuyuyq kasqan, chillurisqan, puchqusqan, allin puqusqa kayninkunapaqpas. Kay maskapaymi kimsa kutikama rurakuspa willasqa karqa, kay tarisqakuna tupunapaqñataq ANVA unifactorial hinaspá achkakama qawapay (LSD) nisqawan tupurqa chaymi 5% de significancia nisqa, huntasqa chaniyuyq kasqanpas huk STATGRAPHICS hinaspá utilitario Excel 2017 nisqa sutiyuyq chiqap yupanawan yachakurqa. Flavonoides (kawsaypa llimpin, asnaynin, wiswin) nisqam tarikurqa: chiqchipi (CHE),  $1842 \pm 0.12$ , Kapachupiñataq (CAP)  $872 \pm 0.31$ , alaywilipi (ALA)  $851 \pm 0.09$  hinaspá wankachu nisqapi (HUA)  $549 \pm 0.08$  kaymi tupukurqa (mg-eq catequina/100 g); chaynallataq qillikunamanta kurku qarkakuqpas: HUA nisqapi tarikurqa  $107.00 \pm 0.08$ , ALA  $71.00 \pm 0.09$  CAP  $55.24 \pm 1.61$  y CHE  $32.20 \pm 1.66$  tupukurqa (mg/L) chay características fisicoquímicas nisqañataq: CAP pH  $4.0 \pm 0.50$  kaqniyuyq kasqa, CHE  $3.7 \pm 0.29$ , ALA  $3.2 \pm 0.29$  y HUA  $2.7 \pm 0.29$ ; yakuyuyq kasqan, HUA  $80.68 \pm 2.36$  %, ALA  $78.16 \pm 1.06$  %, CAP  $73.70 \pm 1.74$ % y CHE  $67.95 \pm 1.10$ %; chilluriyninkuna, CAP  $8.00 \pm 0.50$  \* Brix, ALA  $5.67 \pm 0.29$  \* Brix, HUA  $4.33 \pm 0.29$  \*Brix y CHE  $3.83 \pm 0.29$  \*Brix; puchquyninñataq, CHE  $0.58 \pm 0.02$ , CAP  $0.40 \pm 0.05$ , ALA  $0.22 \pm 0.03$ , HUA  $0.21 \pm 0.03$ , puqusqa kasqan, ALA  $25.81 \pm 3.38$ , HUA  $20.62 \pm 2.05$ , CAP  $20.11 \pm 3.10$  y CHE  $6.63 \pm 0.45$ .

Tarisqakunaman hina aswan rikurichichwan kay rurukunapa flavonoides nisqa kapusqanta, CHE nisqa rurupam aswan llapanta llallirusqa, mana kurku qilliyananpaq amachakuqñataq HUA rurupa kapusqa.

**Huntasqa rimay:** mana kurku qilliyananpaq amachakuq, kawsaypa llimpin, asnaynin, wiswiynin, rurupa kapuqnin-qawakuqnin.

## INTRODUCCIÓN

En las áreas andinas de la provincia de Andahuaylas, abarca muchas especies de plantas poco estudiadas como la *Hesperomeles escalloniifolia* Schltldl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí), poseen coloraciones oscuras en sus frutos, las que muestran tonalidades atractivas, desde un color azul oscuro a rosado pálido frutos con estas características, presentan compuestos antioxidantes como se ha evidenciado en la mora *Rubus ulmifolius*. (Badui, 2006) son de consumo directo, por los pobladores que habitan en su medio, cumplen también, como fuente de alimento para algunas aves e insectos durante su temporada de producción. Actualmente en de la dieta humana se prioriza consumir frutos con contenido de antioxidantes puesto que tienen la capacidad de inhibir la oxidación y prevenir algunas enfermedades que se originan por este medio. (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez y Rodilla, 2015). Dentro de los compuestos antioxidantes, uno de los que resalta son los flavonoides comprenden un grupo de compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos en las frutas y en los vegetales, como establece (Trueba, 2003), estos tienen la capacidad de inhibir la oxidación celular, (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez y Rodilla, 2015) y han sido estudiados en numerosos trabajos tal es el caso del sauco. (*Sambucus peruviana*), arandanos (*Vaccinium myrtillus*), uva (*Vitis vinifera*) etc.

Un alimento con capacidad antioxidante se encuentra en productos vegetales, como las frutas y las hortalizas, representan una alternativa importante como fuente potencial de antioxidantes porque contienen una variedad de compuestos químicos muy activos, en bajas concentraciones (Restrepo, Cortés, & Rojano, 2010) caso de la familia de los berries y vaccinium que son una fuente de antioxidantes.

Las características fisicoquímicas de los frutos es un factor decisivo para determinar las cualidades que presentan cada una de estos frutos sin que se modifiquen sustancialmente sus características originales que presenta

Los frutos en estudio podrían presentar estas características, dada su coloración y por pertenecer a la familia de los Berries y Vaccinium, lo cual permitiría promover el consumo de estos frutos nativos, así como su procesamiento.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los flavonoides son compuestos fenólicos constituyentes de la parte energética de la dieta humana presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, sustancias químicas presentes en los alimentos, etc. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplemento. Están ampliamente distribuidas en plantas, frutas, verduras, semillas y flores, los cuales son consumidos en la dieta humana de forma habitual, pueden utilizarse en forma de suplemento nutricional, junto con ciertas vitaminas y minerales. Presentan importante contribución de antioxidantes en la dieta humana, el interés de los flavonoides aumentó por su amplia actividad farmacológica. Se han descrito efectos protectores de patología tales como diabetes mellitus, cáncer, cardiopatías, infecciones víricas, úlcera estomacal y duodenal e inflamaciones. Otras actividades que merecen ser destacadas son sus acciones antivirales y antialérgicas, así como su propiedad antitrombótica y antiinflamatoria, del mismo sentido “Los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante derivados de frutas, vegetales, legumbres y otros productos por su propiedad de ser captadores de radicales libres pueden proteger a los humanos contra enfermedades degenerativas, cardiovasculares, coronarias, cáncer, diabetes, inflamaciones crónicas y colesterol.



## CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

- 2.1. **Rojano , Cortes, & Zapata, (2013)**, evaluaron el contenido de flavonoides totales en frutos de Guayaba Agria (*Psidium araca*), El material vegetal fue colectado en Montería (Córdoba, Colombia), en la Universidad Nacional de Colombia la investigación llegó a obtener los siguientes resultados  $133,73 \pm 12$  mg Catequina Equivalente / 100g de fruta fresca
- 2.2. **Felipe Mendoza y Torres Pelayo, (2016)**, realizaron la investigación “Determinación del contenido de flavonoides y antocianinas en frutos de zarzamora” 2016 FIR-Artesanal, México. La investigación llegó a la conclusión, que los frutos de zarzamora muestran una concentración de 70.517 mg-eq- CAT/100g.
- 2.3. **Perez, (2014)**, realizo la investigación, “Determinación flavonoides totales en frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.)”, 2014 en la revista Revista Facultad Agronomia. Llegando a la conclusión: el contenido de flavonoides fue de (2.845,21 mg catequina.100 g-1 muestra seca en comparación con las recientemente maduras [(fenoles (4.663,57 mg AG.100 g-1 muestra seca) y flavonoides (1.705,83 mg catequina.100 g-1 muestra seca).
- 2.4. **Salas (2017)**, realizo la investigación: “Capacidad antioxidante en frutos silvestres *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (machamacha), *Monnina vargassi* Ferreyra (condorpausan), *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí) y *Rubus roseus* Poir (frambuesa silvestre)” -2017, en la Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú. Obtuvo los siguientes valores para el fruto de Frambuesa silvestre 25010.87, seguido por Machamacha con 23328.90 y Condorpausan con menor nivel de capacidad antioxidante 21924.65 ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/ 100 g}$ ).
- 2.5. **Repo y Enzina (2008)**, realizaron la investigación: “Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas”- 2008 en la revista Revista de la Sociedad Química del Perú, evaluó por el método del DPPH, reportando valores para la papaya de

monte (1936 228 g equivalente trolox/g); seguido por el tomate de árbol (853 52 g equivalente trolox/g).

- 2.6. Gaviria et al., (2012)**, realizaron la investigación: “Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño ( *Vaccinium meridionale* Sw.) durante su Desarrollo y Maduración” - 2012, en la revista. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín- Colombia. Llegando a las siguientes conclusiones, la capacidad antioxidante con captación de radical DPPH fue 3750  $\mu$ g equivalente de Trolox/ 100 g Fruto fresco. Concluyó que el progreso de la maduración de frutos varía la calidad de sus compuestos.
- 2.7. Velasquez, Junior y Isis (2017)**, realizaron la investigación: “Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez” - 2017. En la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, llegando a demostrar que el aguaymanto de Acomayo alcanzó mayor peso de 9,42 g y diámetro de 25 mm en comparación al aguaymanto de Huaribamba que alcanzó un peso de 4,6 g y de diámetro de 19,5 mm. En la caracterización fisicoquímica se resaltó el índice de madurez, pH, ácido ascórbico y  $\beta$ -carotenos donde: el aguaymanto de Huaribamba alcanzó un índice de madurez de 9,38 °Brix/% de Ácido cítrico, pH de 3,63, ácido ascórbico de 49,81 mg/100g y  $\beta$ -carotenos de 2,36 mg/100g y; el aguaymanto de Acomayo alcanzó un índice de madurez de 8,33 °Brix/% de Acidez y pH de 3,44, ácido ascórbico de 52,31 mg/100g y  $\beta$ -carotenos de 2,79 mg/100g. Ambos ecotipos resultaron estadísticamente diferentes ( $\alpha=0,05$ ). Finalmente se hizo el análisis proximal donde se hallaron el contenido de humedad, en donde el aguaymanto de Huaribamba alcanzó una humedad de 79,57 %, y el aguaymanto de Acomayo alcanzó una humedad de 82,09 %, En ambos eco-tipos no se encontraron diferencias significativas, excepto en la humedad.
- 2.8. Vásquez, Vanegas, Ordóñez, y González (2014)**, realizaron la investigación, “Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez” - 2014

en la revista Acta Agronómica- Colombia, demostraron que la madurez no afecta significativamente las variables físicas, pero sí las propiedades químicas de los frutos ( $P < 0.01$ ), de la forma siguiente: el pH (2.89 - 2.94), los sólidos solubles (6.58 - 9.04\*Brix), el IM (1.83 - 2.84); por el contrario, la acidez (cítrico) disminuyó de 3.78 para 3.21 g/100 g de pulpa fresca ( $P < 0.01$ ).

- 2.9. Barrios (2007)**, realizó la investigación: “Efectos sobre las características físicas y químicas de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) bajo mallaje de sombra para el control de la madurez” 2007, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile; obteniendo los resultados: El índice de madurez de frutos de arándano cv. Elliot bajo luz es (7,59); Acidez Titulable (1,49) g de ácido cítrico; pH (2,90), Sólidos solubles (10,40) ° brix; Capacidad antioxidante es 4300 (mg Equivalente Trolox /100 g fruta fresca). Concluyó que el índice de madurez del fruto hace que los contenidos de la capacidad antioxidante sean mayores.

## **CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO**

### **3.1. BASES TEÓRICAS**

#### **3.1.1. PIGMENTOS**

De acuerdo a Badui (2006) afirma que; cualquier sustancia natural o artificial que imparte color a otras sustancias obtenida por síntesis o artificio similar extraída o derivada con o sin intermediarios del cambio final de identidad a partir de un vegetal, animal, mineral u otra fuente y que cuando es añadida o aplicada a alimentos, medicamentos o cosméticos, sean capaz de impartir color por sí misma. Los pigmentos naturales se distinguen ampliamente en su estructura química, aunque existen colorantes que son estudiados ampliamente como el ácido carminico, quienes están distribuidos en los alimentos y pueden agruparse en ocho categorías.

- Carotenoides
- Clorofila
- Pigmentos fenólicos (flavonoides, antocianinas y taninos)
- Betalaínas
- Hemopigmentos
- Otros pigmentos naturales

Fennema, Parkin y Domotiaran (2010) afirma que; los cuatro primeros son de origen vegetal, aun cuando llegan a estar presentes en alimentos de origen animal, a los que ingresan a través de la dieta, la mayoría de los pigmentos se localizan en el protoplasma de las células, dentro de los organelos especializados llamados plástidos), muchos de los pigmentos en frutas y verduras actuan como compuestos bioactivos en el organismo, ya que cumplen funciones especificas al ser ingeridos en la dieta.

#### **3.1.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS**

Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades. (Instituto Nacional del Cancer, 2013) Las plantas contienen cientos y miles de sustancias fitoquímicos (compuestos bioactivos) que

aportan en la salud del hombre. Estos elementos actúan como sistema de defensa y protectoras en las plantas de infecciones, repelentes de insectos, dándoles color, aroma y propiedades específicas, Vendramini y Trugo, (2014, pág. 667) desempeñan importantes funciones protectoras frente a la radiación ultravioleta o al ataque de algunos agentes patógenos, y contribuyen también, en un modo importante, mientras Mateus (2005) afirma que los alimentos de origen vegetal, contienen múltiples sustancias que, no tienen una función nutricional clásicamente definida, o no se consideran esenciales para la salud humana, pueden tener un impacto significativo en el curso de alguna enfermedad y ser indispensables a largo plazo para nuestra salud.

### **3.1.3. COMPUESTOS FENÓLICOS**

De los compuestos fenólicos Zdunczyk *et al.*, (2002) afirma que son un grupo de sustancias de naturaleza química variada que se encuentran presentes en los alimentos que presentan una gran capacidad para captar radicales tóxicos debido a la presencia de grupos hidroxilo unidos a anillos aromáticos. En los alimentos de origen vegetal, los compuestos fenólicos tienen un importante efecto en la calidad, ya que se encuentran directamente relacionados con las características sensoriales de estos alimentos, tales como el aroma, la astringencia y el color.

#### **3.1.3.1. FLAVONOIDES**

Badui (2006) afirma, , Los flavonoides (del latín *flavus*, amarillo) son compuestos fenólicos solubles en agua, metanol y etanol, con características de glucósidos; contienen como aglucón un núcleo flavilo al cual se une una fracción azúcar por medio de un enlace b-glucosídico. En contexto, algunos flavonoides son antecesores en la biosíntesis de antocianinas. Son pigmentos no nitrogenados, con un esqueleto de difenilpropano derivado del ácido shiquímico. Los flavonoides presentan estructuras simples o muy complejas, debidas a la polimerización, como es el caso de los taninos condensados, que alcanzan pesos superiores a 30,000 Dalton. Hay 13 subclases de flavonoides, lo que da un total de más de 5,000 compuestos que proporciona colores amarillos y naranjas a frutas, así como a hortalizas donde son responsables en gran parte de su

astringencia. Respuesta adaptativa de las plantas a la radiación intensa. Dado que tienen una estructura química muy parecida a la de las antocianinas, normalmente se encuentran en diversos frutos junto con ellas ya que ambos grupos de pigmentos siguen un proceso biosintético común. Algunos flavonoides son reactivos que sirven de sustratos a varias enzimas, a través de los cuales se forman otros pigmentos debido a degradación, o por la formación de pigmentos por transformación de novo a partir de precursores coloridos o incoloros.

Se ha descrito que poseen propiedades favorecedoras para la salud, existe discusión sobre la actividad biológica de algunos flavonoides, sobre todo de los provenientes de las cáscaras de los cítricos, también se les atribuye una acción sinérgica con la vitamina C y un efecto antagonista con la hialuronidasa. Sin embargo, estas propiedades no han sido completamente comprobadas, por lo que es todavía un asunto de estudio. (pág. 421).

Martos y Navarro (1997) afirma que los flavonoides se denominaron en un principio vitamina P (por permeabilidad) y también vitamina C (porque se comprobó que algunos flavonoides tenían propiedades similares a la vitamina C).

Pérez (2003), afirma que, los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante.

Jang et al., (1997) menciona que los flavonoides desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer.

Goldberg, Soleas, Diamandis, Hahn y Pace-Asciak (1995) afirma que sus propiedades anti-radicales libres se dirigen fundamentalmente hacia los radicales hidroxilos y superóxido, especies altamente reactivas implicadas en el inicio de la cadena de peroxidación lipídica. (Hirota, Shimida, y Tacahama, 1999), y se ha descrito su capacidad de modificar la síntesis de eicosanoides (con respuestas anti-prostanoide y anti-inflamatoria), de prevenir la agregación plaquetaria (efectos antitrombóticos) y de proteger



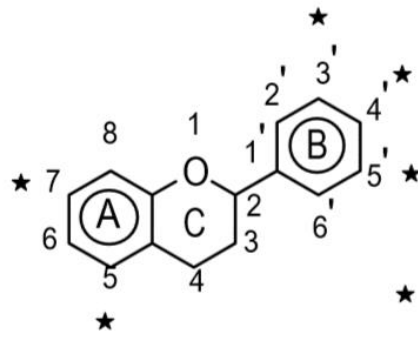
a las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación (prevención de la placa de ateroma) (pág. 210)

### 3.1.3.2. ESTRUCTURA QUÍMICA DE FLAVONOIDES

La estructura presentada por Havsteen (1983) Presentan un esqueleto carbonado C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, donde los grupos C<sub>6</sub> se corresponden con agrupamientos bencénicos y la porción C<sub>3</sub> se presenta formando parte de un heterociclo generalmente (pág. 1142). Robbers, Speedie y Tyler (1996) afirma que el organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (pág. 248).

Bors, Heller, Michel y Saran (1990) representa la estructura de los flavonoides, como compuestos de bajo peso molecular, compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico). La actividad de los flavonoides como antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química (pág. 345).

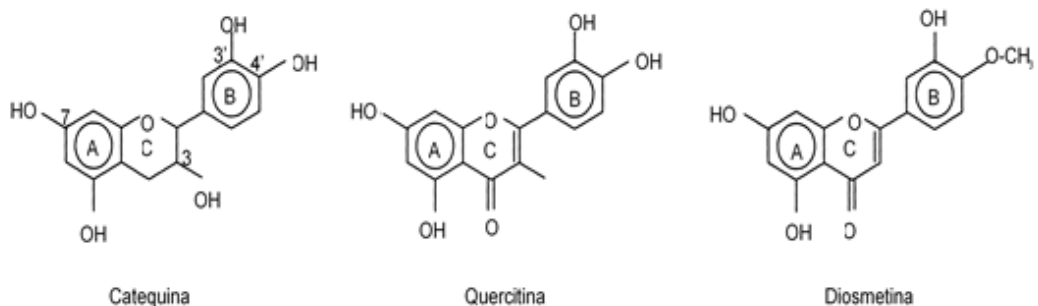
El aglucón está formado por un esqueleto consistente en dos anillos bencénicos (A y B) y uno heterocíclico con oxígeno (C) formando un núcleo fenil-2-benzopirona. Por la posición trivalente del oxígeno, al aumentar el grado de oxidación se producen más dobles ligaduras y, en consecuencia, mayor deslocalización de electrones, lo que hace que la estructura absorba a mayor longitud de onda. Por tanto, el grado de deslocalización de electrones hace que existan pigmentos incoloros cuando el anillo C está saturado como en el caso de los flavonoles, o produciendo varias clases de coloraciones, desde los amarillos (como las flavonas, flavonoles y chalconas) hasta las antocianinas rojas y azules. Estos aglucones se unen a glucosa, ramnosa, galactosa, arabinosa, xilosa y ácido glucurónico. Se sustituyen en posiciones 7, 5, ¡4!, 7 y 4!,3! La posición más común, a diferencia de las antocianinas, es la 7 por ser la más ácida; pueden estar acil-sustituidos como en el caso de las antocianinas como se muestra en la figura 1.



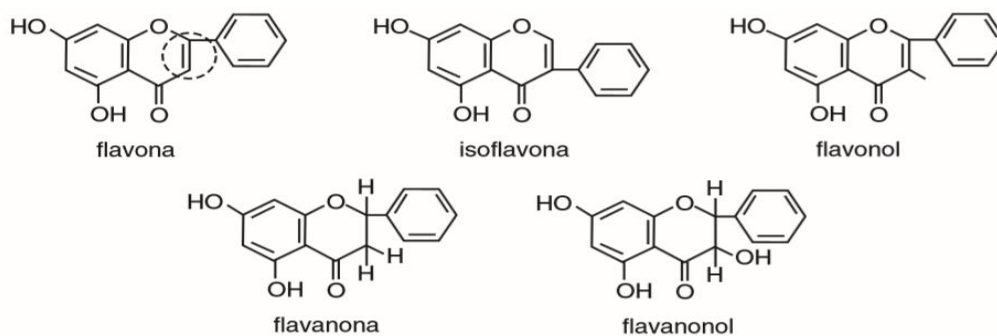
**Figura 1.** Estructura de Flavón  
**Fuente:** Fennema, Parkin, & Domotiaran, 2010

### 3.1.3.3. FLAVONOIDES EN ALIMENTOS

Los flavonoides de mayor importancia en los alimentos se muestran en la figura 2 y figura 3. El de los flavonoles es el grupo más importante: la quercetina: se encuentra en las hortalizas; el kampfero en verduras y la miricetina en uvas. Dada su capacidad de capturar radicales libres y de crear complejos con los iones metálicos, tienen una actividad antioxidante alta; sin embargo, el hecho de que sean poco solubles en lípidos los hace poco adecuados para este fin, evitan la oxidación de la vitamina C en algunos alimentos. La rutina, un flavonol derivado de la quercetina, interacciona con iones hierro y estaño; con los primeros forma complejos muy oscuros que se han identificado en los espárragos enlatados, mientras que con el estaño produce coloraciones amarillas; esto se debe tomar en cuenta durante el procesamiento de esta hortaliza, sobre todo en relación con la calidad del agua que se debe emplear y con el tipo de lata que se requiere para este propósito. (Badui, 2006)



**Figura 2.** Diferencias básicas de los aglucones de los flavonoides  
**Fuente:** Badui, 2006



**Figura 3.** Características estructurales de los principales tipos de flavonoides

**Fuente:** Fennema, Parkin, & Domotiaran, 2010

Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C. En función de sus características estructurales se pueden clasificar en:

- Flavanos, como la catequina, con un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
- Flavonoles, representados por la quercitina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
- Antocianidinas, que tienen unido el grupo -OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.

Letan (1966) atribuye tres características estructurales importantes para su función: a) La presencia en el anillo B de la estructura catecol u O-dihidroxi; b) La presencia de un doble enlace en posición 2,3; c) La presencia de grupos hidroxilo en posición 3 y 5. La quercitina presenta las tres características, mientras que la catequina solo presenta la segunda y la diosmetina la primera. A los flavonoles y las flavonas se unen azúcares, preferentemente a la posición C3 y con menor frecuencia al C7 del anillo A, de forma que estos compuestos se encuentran comúnmente como O-glicósidos, siendo la D-glucosa el residuo azúcar más frecuente. Otros residuos de azúcares son la D-galactosa, la L-ramnosa, la L-arabinosa, la D-xilosa, así como el ácido D-glucurónico. La parte sin azúcares de la molécula flavonoide se llama aglicona. Los glicósidos son más solubles en agua y menos reactivos frente a radicales libres que su aglicona o flavonoide respectivo. Las propiedades ácido-base muestran que los radicales flavonoides son neutros en un medio ácido (por debajo de pH 3) y con una carga negativa a pH 7. Las repercusiones de la carga negativa son sumamente importantes en la

evaluación del potencial antioxidante de los flavonoides. Primero, el radical cargado negativamente no es probable que pase a través de la membrana celular con carga negativa. Segundo, la reacción de los radicales flavonoides con la vitamina E, que es termodinámicamente factible para algunos radicales flavonoides, tiene un obstáculo adicional a causa de la repulsión electrostática entre el anión del radical flavonoide y la membrana fosfolipídica cargada negativamente, donde la vitamina E se incrusta. Tercero, la oxidación de un sólo electrón de los flavonoides por cualquier oxidante tendrá una barrera entrópica, porque por lo menos dos protones se intercambian en la reacción. Los protones pueden intercambiarse entre los reactantes o con el solvente en el estado de transición, en este caso, la interfase del enlace con hidrógeno debe tenerse en cuenta. (Steenken, Neta, Huie, & Maruthamutu, 1989)

#### **3.1.3.4. TIPOS Y FUENTES DE FLAVONOIDES**

Los flavonoides se encuentran en frutas, verduras, semillas y flores, son consumidas en la dieta humana de forma habitual y también pueden utilizarse en forma de suplementos nutricionales, junto con ciertas vitaminas y minerales. Los flavonoides se encuentran también en extractos de plantas como arándano, ginkgo biloba, cardo, mariano o crataegus. Desempeñan un papel importante en la biología vegetal; así, responden a la luz y controlan los niveles de las auxinas reguladoras del crecimiento y diferenciación de las plantas. (Formica & Regelson, 1995)

Los flavonoides se ubican principalmente en las hojas y en el exterior de las plantas, apareciendo sólo rastros de ellos en las partes de la planta por encima de la superficie del suelo. Una excepción son los tubérculos de cebolla, que contienen una gran cantidad de quercitina 4'-D-glucósidos. (Hertog, Hollman, & Putte, 1993).

El vino posee un alto contenido en compuestos polifenólicos, aproximadamente se conocen unos 500, la mayoría de los cuales provienen de la uva y del proceso fermentativo. En la uva estas moléculas se localizan en la piel, especialmente en las células epidérmicas, y en las pepas. Su cantidad y tipo depende principalmente de la variedad de la vid, del clima, del terreno y de las prácticas de cultivo.

La cerveza también contiene importantes cantidades de flavonoides entre los que destacan los polihidroflavanos (catequina y epicatequina), los antocianógenos (leucocianidina o leucopelargonidina) y los flavonoles (grupo de quercitinas: kaempferol o mirecitina). (Charalambous & Bruckner, 1977)

Se han identificado más de 5.000 flavonoides, (Ross & Kasum, 2002), entre los que se pueden destacar:

- *Citroflavonoides*: quercitina, hesperidina, rutina, naranjina y limoneno. La quercitina es un flavonoide amarillo-verdoso presente en cebollas, manzanas, brócoles, cerezas, uvas o repollo rojo. La hesperidina se encuentra en los hollejos de las naranjas y limones. La naranjina da el sabor amargo a frutas como la naranja, limón y toronja, y el limoneno se ha aislado del limón y la lima.
- Flavonoides de la soja o isoflavonoides: están presentes en los alimentos con soja tales como porotos, tofu, tempeh, leche, proteína vegetal texturizada, harina, miso. Los dos más conocidos son la genisteína y la daidzeina.
- Proantocianidinas: se localizan en las semillas de uva, vino tinto y extracto de corteza del pino marino.
- Antocianidinas: son pigmentos vegetales responsables de los colores rojo y rojo-azulado de las cerezas.
- Ácido elágico: es un flavonoide que se encuentra en frutas como la uva y en verduras.
- Catequina: el té verde y negro son buenas fuentes.
- Kaemferol: aparece en puerros, brócoles, rábano, endibias y remolacha roja.

#### **3.1.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, el sistema de defensa antioxidante está constituido por compuestos de naturaleza enzimática como: Peroxido, dismutasa, catalasa, glutatión, peroxidasa y compuestos de naturaleza no enzimática como: vitamina E, beta caroteno, vitamina C, glutatión reducido, albumina flavonoides, antocianinas y metales de transición, entre otros. (Figueroa, Tamayo, González, Moreno, & Vargas, 2011).

En forma natural, hay sustancias que evitan la autoxidación, como la lecitina, los tocotrienoles y los tocoferoles (vitamina E), con la peculiaridad de que el poder antioxidante de estos últimos es inverso al de su función biológica y que se encuentran en una concentración de 1,150, 1,000, 950, 600 y 100 ppm en los aceites crudos de soya, palma, algodón, maíz y oliva, respectivamente. Los derivados fenólicos, como las isoflavonas genisteína, daidzeína y gliciteína y los ácidos cafeico, clorogénico, ferúlico y cumárico, presentan estas propiedades. Estos ácidos son escasos en los aceites, excepto en el de oliva virgen (80 ppm), cuya presencia se supone es la razón de su alta estabilidad; el ácido cafeico muestra mayor protección que el propio BHT. Los extractos de especias, como clavo, romero, salvia, orégano y pimienta gorda presentan esta actividad, pero no se usan como tal por su intenso aroma y color. Una proteína de la leche de vaca unida a la riboflavina actúa como antioxidante natural, al igual que el pigmento cárnico dinitrosil ferrohemocromo en la carne de cerdo. Los derivados de la reacción de Maillard (carbonilos reductores) inhiben la oxidación de la carne y de otros alimentos, pero no la del pescado en congelación. Los nitritos usados en los embutidos actúan como antioxidante al interaccionar con los lípidos o por su unión a los prooxidantes naturales, como el hierro. Los compuestos antes mencionados están en concentraciones bajas y su efectividad antioxidante es muy reducida, por lo que es preciso recurrir a sustancias sintéticas más potentes, aun cuando la hidrogenación parcial evita la autoxidación.

Los antioxidantes sintéticos son propiamente donadores de protones, como el butilhidroxianisol (hidroxianisol butilado, BHA), el butilhidroxitolueno (hidroxitolueno butilado, BHT), la 2,4,5-trihidroxibutirofenona (THBP), el 4-hidroximetil-2,6-ditertbutilfenol, la tertbutilhidroquinona (butilhidroquinona terciaria, TBHQ) y los galatos; no detienen la formación de los radicales, sino que reaccionan con ellos, los estabilizan y producen radicales del antioxidante menos activos.(...) Los antioxidantes contienen una o más funciones hidroxilo y actúan en la iniciación y propagación de la oxidación al ceder un átomo de hidrógeno a los radicales ácido graso ( $R\cdot$ ) y a los hidroperóxidos ( $ROO\cdot$ ), restaurando el ácido (RH) y el hidroperóxido (ROOH) como se muestra en la Tabla 2. Una vez que el antioxidante cede un protón se convierte en un radical



que interactúa con otro igual para regenerar el antioxidante y una quinona. Los radicales antioxidantes son estables por su resonancia y no promueven la oxidación como lo hacen los radicales de los ácidos grasos. (Badui, 2006)

La oxidación se produce cuando un átomo o grupo de átomos ceden electrones. De forma simultánea, se produce la correspondiente reacción de reducción que implica la captación de los electrones por otro átomo diferente o grupo de átomos. Las reacciones de oxidación pueden o no incluir la adición de átomos de oxígeno o la pérdida de átomos de hidrógeno de la sustancia que se está oxidando. Las reacciones de óxido-reducción son comunes en los sistemas biológicos y también en los alimentos. Si bien algunas reacciones de oxidación son beneficiosas para los alimentos, otras son perjudiciales como ocurre con la degradación oxidativa de las vitaminas, pigmentos y lípidos debido a pérdidas del valor nutritivo y al desarrollo de malos olores. En los alimentos el control de estas reacciones de oxidación se realiza normalmente empleando técnicas de procesado y envasado que excluyen el oxígeno o incorporando sustancias químicas apropiadas. Antes del desarrollo de una tecnología química específica para el control de los radicales libres responsables de la oxidación de los lípidos, el término antioxidante se aplicó a todas las sustancias que inhibían las reacciones de oxidación, independientemente de su mecanismo de acción. Por ejemplo, el ácido ascórbico se consideró un antioxidante y fue empleado para evitar el pardeamiento enzimático de las superficies de corte de frutas y hortalizas. En este caso, el ácido ascórbico actúa como agente reductor al transferir átomos de hidrógeno a las quinonas que se forman mediante oxidación enzimática de los compuestos fenólicos. En sistemas similares el ácido ascórbico reacciona fácilmente con el oxígeno y en consecuencia sirve como un capturador de oxígeno. Asimismo, los sulfitos son fácilmente oxidados en los productos alimenticios para formar sulfonatos y sulfatos, por lo que actúan como eficaces antioxidantes en alimentos tales como los frutos secos. Los antioxidantes más comúnmente utilizados en los alimentos son los compuestos fenólicos. Más recientemente, el término «antioxidantes alimentarios» se ha aplicado a aquellos compuestos que interrumpen la reacción en cadena de los radicales libres formados en la oxidación de los

lípidos y a los que eliminan el oxígeno singulete; sin embargo, el término no debería utilizarse con un sentido tan restrictivo.

A menudo los antioxidantes muestran diferente grado de eficacia en la protección de un alimento, siendo las combinaciones entre ellos las que suelen proporcionar una protección más completa que la que se puede alcanzar por los efectos aditivos de cada uno de ellos por separado. Así, la mezcla de antioxidantes tiene en ocasiones una acción sinérgica, si bien su mecanismo de acción está sin esclarecer. Se cree, por ejemplo, que el ácido ascórbico puede regenerar los antioxidantes fenólicos proporcionando átomos de hidrógeno a los radicales fenoxi que se forman cuando los antioxidantes fenólicos liberan átomos de hidrógeno a la reacción en cadena de la oxidación lipídica. Para conseguir esta acción, el ácido ascórbico debe hacerse menos polar en el seno de los lípidos de forma que pueda disolverse en la grasa. Esto se consigue por esterificación con ácidos grasos para formar compuestos como el palmitato de ascórbico. (Fennema, Parkin, & Domotiaran, 2010)

Los antioxidantes tienen diferentes mecanismos de acción, unos impiden la formación de los radicales libres y/o especies reactivas (sistema de prevención), otros inhiben la acción de los radicales libres, algunos favorecen la reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012)

**Tabla 1.** Mecanismo de actuación de los antioxidantes primarios

$L \cdot + AH$	$\longrightarrow$	$LH + A \cdot$
$LO \cdot + A$	$\longrightarrow$	$LOH + A \cdot$
$LOO \cdot + AH$	$\longrightarrow$	$LOOH + A \cdot$

**Fuente:** Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012

Donde:

$L \cdot$	:	Radical libre
AH	:	Antioxidante
$LO \cdot$	:	Radical alcoxi
$LOO \cdot$	:	Radical piróxilo
$A \cdot$	:	Radical estable

Tradicionalmente los antioxidantes se han dividido en dos grupos: antioxidantes primarios o eliminadores de radicales y antioxidantes secundarios o que previenen la oxidación.

Los antioxidantes primarios son capaces de inhibir la propagación de las reacciones de oxidación mediante la inactivación de los radicales libres (L•, LO•, LOO•) que participan en las reacciones oxidativas, convirtiéndolos en productos estables.

Los antioxidantes primarios son principalmente compuestos fenólicos (AH) que pueden donar un átomo de hidrógeno o un electrón al radical libre convirtiéndolo en un producto estable (LH, LOH, LOOH). Asimismo, el antioxidante como consecuencia de esta reacción se oxida a su vez formándose un radical estable que no propaga la reacción de oxidación.

Los antioxidantes secundarios son compuestos que actúan disminuyendo la formación de radicales libres. Los más utilizados son agentes quelantes de metales como el EDTA (ácido etilen-diaminico-tetracético) o el ácido cítrico (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012).

### 3.1.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes se pueden clasificar como compuestos endógenos producidos por el organismo o compuestos exógenos suministrados con la ingesta de alimentos. (Criado & Moya, 2009), los antioxidantes endógenos y exógenos actúan con un cofactor metálico como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de los antioxidantes

EXÓGENOS	ENDÓGENOS	COFACTORES
Vitamina E	Glutación	Cobre
Vitamina C	Coenzima Q	Zinc
Beta-caroteno	Ácido tiótico	Manganeso
Compuestos Fenólicos	Enzimas: Superóxido dismutasa (SOD), Catalasa, Glutación Peroxidasa	Hierro
<b>Licopeno</b>		Selenio

**Fuente:** Compuestos endógenos y exógenos (Criado & Moya, 2009)

De acuerdo a su solubilidad, se diferencian entre antioxidantes hidrofóbicos e hidrofílicos, véase en la tabla 3.

**Tabla 3.** Clasificación de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad

Hidrofílicos	Hidrofóbicos
Vitamina C (Ácido ascórbico)	Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol)
Fenólicos	Carotenoides

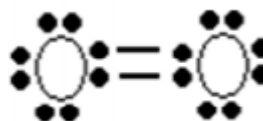
Fuente: Armenteros *et al.*, 2012

### 3.1.4.2. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL OXÍGENO

El oxígeno (O) en estado natural tabla 5, es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente más pesado que el aire. (Babor & Ibarz, 1956).

**Tabla 4.** Forma molecular y características químicas principales del oxígeno

Numero atómico	8
Valencia	2
Peso atómico	16
Forma Común	Moléculas diatómicas



Fuente: Hill & Kolb, 2017

Las principales especies reactivas del oxígeno o sustancias pro-oxidantes son:

Ozono (O<sub>3</sub>), Radical Hidroxilo (HO)<sup>+</sup>, Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Anión Superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), Oxígeno Singlete (O<sub>2</sub>), Oxígeno Nítrico (NO), Peróxido (ROO), semiquinona (Q).

### 3.1.4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS RADICALES LIBRES DE OXÍGENO

Radicales Radicales libres inorgánicos o primarios. - Se originan a través de la transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan por tanto distintos estados en la reducción de este y se caracterizan por tener una vida media muy corta; estos son el anión superóxido, el radical hidroxilo y el óxido nítrico.

Radicales libres orgánicos o secundarios. - Se pueden originar por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la reacción de 2 radicales primarios entre sí, poseen una vida media un tanto más larga que los primarios; los principales átomos de las biomoléculas son: carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre.

Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno. - Aquí se incluye un grupo de especies químicas que, sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de ellas, entre las que están el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso, el peroxinitrito, el hidroperóxido orgánico.

Los radicales libres se generan a nivel intracelular y extracelular. Entre las células relacionadas con la producción de radicales libres del oxígeno tenemos los neutrófilos, monocitos, macrófagos, eosinófilos, y las células endoteliales. (Justo y Gutiérrez, 2002)

#### **3.1.4.4. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTE**

De acuerdo Ronald (2005). Suscribe en la actualidad, debido a la complejidad de los procesos de oxidación, no existe un método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra, por tanto, es bueno trabajar con varios métodos para facilitar la comparación e interpretación de los resultados. Las características “ideales” que debe reunir un método de determinación de capacidad antioxidante son: sencillez, mecanismo químico definido y punto final fijo, reproducibilidad, adaptabilidad a sustancias antioxidantes hidrofílicas y lipofílicas y elevado rendimiento de análisis (Agudo, 2010).

Determinación directa: El radical se emplea como un factor de cuantificación (produce una señal analítica). La adición del antioxidante, antes o después de la generación del radical, provoca una disminución de la señal. En el ensayo de post-adición se forma el radical en ausencia de la muestra y así, cuando se añade la sustancia antioxidante se produce un descenso en la señal debido a la disminución de la concentración del radical. En ensayos de inhibición, la muestra se añade a los sustratos de oxidación antes que sea generado el radical, La reacción comienza con la adición del oxidante (ABTS●+, DPPH, etc).

### Método del ABTS•+ (Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico)

La ventaja de este ensayo es que puede realizarse tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, eligiendo el disolvente apropiado en cada caso

### Método ORAC (Oxigen Radical Absorbance Capacity)

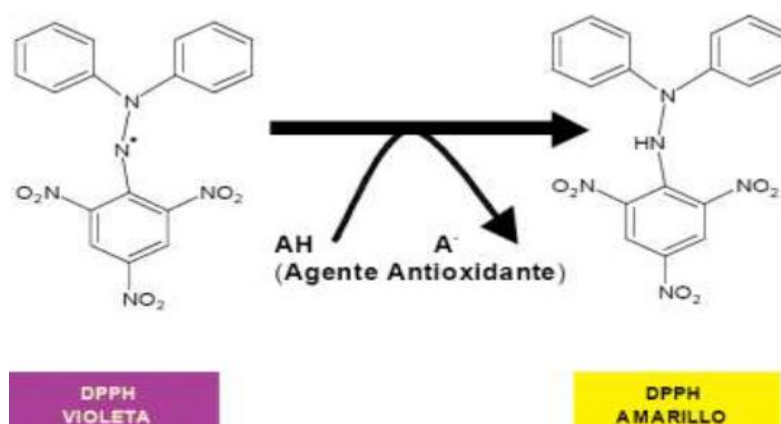
El fundamento del método ORAC se basa en la habilidad que tienen los compuestos antioxidantes para bloquear radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno.



En este método, el radical artificial AAPH (2,2'-Azobis-(2-aminopropano)-dihidrocloruro) oxida a la fluoresceína de forma que esta pierde su fluorescencia. De esta forma, las sustancias antioxidantes presentes en el extracto obtenido a partir del alimento disminuirían dicha pérdida de fluorescencia. (Agudo, 2010)

### El método del DPPH (1, 1-difenil-2- picrilhidrazilo)

Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand-Williams. Se basa en la reducción del radical DPPH• por los antioxidantes de la muestra. Este método permite evaluar la actividad de sustancias frente al radical libre estable 2,2- difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en una solución metanólica que tiene un color violeta intenso que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra que contiene antioxidantes como muestra en la figura 4 (Reátegui et al 2014).



**Figura 4.** Reacción del DPPH con un agente oxidante  
Fuente: Molyneux, 2014

### **3.1.5. POTENCIAL AGROINDUSTRIAL DE COMPUESTOS BÍOACTIVOS**

La constante aparición de evidencias científicas acerca del papel en la dieta y sus componentes en el bienestar y la salud, ha favorecido la aparición de los alimentos funcionales que en la actualidad constituyen uno de los principales impulsores del desarrollo de nuevos productos. La forma más versátil de modificar la composición de los alimentos surge de la enorme posibilidad de introducir cambios en los ingredientes utilizados en su elaboración y en consecuencia sobre la presencia de diversos compuestos bioactivos provenientes en su mayoría de frutas y vegetales. (Cevallos, y otros, 2018).

### **3.1.6. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS**

Los frutos a lo largo de su vida pasan por una serie de etapas secuenciales de cambios metabólicos desde la floración pasando por la fecundación, posteriormente la polinización. Los frutos pasan por tres etapas fisiológicas fundamentales, iniciando con el crecimiento posteriormente por la maduración, culminando con la senescencia.

La etapa más importante en el desarrollo de las frutas, es el de la maduración y está aún se puede dividir en dos fases importantes como es la maduración fisiológica y la maduración organoléptica, la primera se inicia antes de que termine el crecimiento celular y culmina cuando el fruto tiene las semillas. El crecimiento y maduración fisiológica solo se completan adecuadamente en la planta. La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales aceptables que las definen como comestibles, por lo que se trata de un proceso de transformación de tejidos fisiológicos el cual le dan un aspecto de ser maduros, pero no comestibles apropiadas a sus características, como: lo visual, oftalmológico y literalmente atractivas. Los resultados de la maduración organoléptica difieren significativamente una vez recolectadas de árbol o presentes en el árbol provocando cambios físicos como químicos.

Los cambios fisicoquímicos más notorios en el proceso de maduración de las frutas son el color, sabor, olor, textura, concentración de azúcares, pH, alcoholes, humedad, índice de madurez, etc. Estos cambios son el resultado de las múltiples reestructuraciones químicas y metabólicas que se manifiestan en el fruto, por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol, sufre múltiples cambios secuenciales antagónicos, fisiológicos y bioquímicos. La importancia de consumir frutos con características de madurez óptima como para su frigoconservación, es que lleguen con buenas condiciones organolépticas posibles al usuario final.

### **3.1.7. MEDIDAS DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS**

Los indicadores fisicoquímicos pueden considerarse como tradicionales en el mundo de las frutas, su aplicación suele ser sencilla y los resultados se obtienen en corto tiempo, aunque su correlación con el grado de maduración y con la calidad según el criterio del quien consume raras ocasiones son satisfactorios, es necesario utilizar varios análisis para poder garantizar un control adecuado de la calidad de frutas a analizar. Los indicadores fisicoquímicos usados frecuentemente en el análisis de la calidad de las frutas, están directamente relacionadas con la madurez como son la firmeza, la acidez, la colorimetría, la medición de sólidos solubles, el índice de almidón, etc.

#### **3.1.7.1. ANÁLISIS DE PH**

Desde una aproximación simplificada, el pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra. El valor de pH representa el menos logaritmo en base diez de la concentración (actividad) de iones hidrógeno  $[H^+]$ . Como la escala es logarítmica, la caída en una unidad de pH es equivalente a un aumento de 10 veces en la concentración de  $H^+$ . Entonces, una muestra de agua con



un pH de 5 tiene 10 veces más H<sup>+</sup> que una de pH 6 y 100 veces más que una de pH 7.

Los cambios en la acidez pueden ser causados por la actividad propia de los organismos, deposición atmosférica (lluvia ácida), características geológicas de la cuenca y descargas de aguas de desecho. El pH afecta procesos químicos y biológicos en el agua.

El pH puede ser analizado en el campo o en el laboratorio. Se recomienda utilizar recipientes bien limpios para tomar y acarrear las muestras de agua (preferentemente lavarlos previamente y enjuáguelos con agua destilada). Si la muestra es llevada al laboratorio, la determinación debe ser realizada preferentemente dentro de las 2 primeras horas a partir de la colecta, ya que puede cambiar por interacción con el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) atmosférico. Se debe conservar las muestras refrigeradas para su transporte. La determinación realizada con tirillas indicadoras, simplemente se sumergen por un instante en la muestra de la solución agua y zumos, lo que provoca un cambio de color. Posteriormente se comparan con el patrón de coloración impreso en la caja para asignarles un pH.

#### **3.1.7.2. HUMEDAD**

Establecida por Hart (1991) atribuye que, todos los frutos, cualquiera que sea, contienen agua en mayor o menor proporción. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales.

#### **3.1.7.3. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SOLUBLES**

Establecida por Pearson (1993) Como los azúcares son los componentes mayoritarios en el zumo de las frutas, al análisis de los sólidos solubles puede utilizarse como un estimulador del contenido de azúcares en la muestra, la técnica más común de este parámetro, está basada en el

refractómetro, requiere de instrumentos relativamente baratos, aunque las medidas no se pueden realizar en campo cómodamente.

Existen varias razones por las cuales, la mayoría de las industrias de alimentos determinan la humedad, las principales son las siguientes:

El agua, si está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de los microorganismos.

Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua, por ejemplo, azúcar y sal.

La cantidad de agua presente puede afectar la textura.

La determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los frutos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso tener presente que:

- Algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente.
- A cierta temperatura los frutos son susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua.
- También pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua.

#### **3.1.7.4. ANÁLISIS DE ACIDEZ**

Realiza Singh (1997). Al igual que en el caso de la medición de los contenidos en sólidos solubles, para medir la acidez de la fruta se exprimen las piezas para obtener el zumo de los frutos.

Lo que habitualmente se denomina acidez en frutos involucra la acidez actual y la potencial. La acidez actual representa a los grupos H<sup>+</sup> libres, mientras que la acidez potencial incluye todos aquellos componentes del zumo de frutos que por medio de la titulación liberan grupos H<sup>+</sup> al medio. Para su determinación se agrega al zumo el volumen necesario de una solución alcalina valorada hasta alcanzar el pH donde vira el color de un indicador, generalmente fenolftaleína, que cambia de color.

### 3.1.7.5. ÍNDICE DE MADUREZ

El momento oportuno para la cosecha es de suma importancia en lo que respecta a la calidad, la comercialización y las posibilidades de almacenamiento pos-cosecha de los frutos. A partir de los cambios que se producen en la maduración, se pueden cuantificar estas modificaciones que se dan en los frutos. Cabe aclarar, que existen tres clases de maduración:

- **Madurez Fisiológica:** corresponde al estado en el cual el fruto se asegurará su completo y apropiado proceso de maduración.
- Los frutos adquieren la maduración fisiológica unida a la planta que les dio origen, por lo que no se recomienda su cosecha antes de que hayan alcanzado este estado.
- **Madurez organoléptica o de consumo:** corresponde a aquella en la que se han alcanzado todos los atributos que un fruto necesita en color, textura, aroma y sabor deseables para el consumidor.

### 3.2. MARCO CONCEPTUAL

**Flavonoide:** Son pigmentos no nitrogenados llamados también compuesto fenólicos solubles en agua, metanol y etanol, con estructuras simples o muy complejas, debidas a la polimerización presentando estructuras similares a los antocianinas, proporcionan coloraciones oscuras en hojas, raizes, tallos y frutos (Badui, 2006)

**Antioxidante:** Es una sustancia o compuesto que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos. (Coronado M., Vega, Vázquez, & Radilla, 2015)

**Características Fisicoquímica:** Son indicadores de calidad considerados tradicionalmente en el mundo de la caracterización las frutas, desde su apariencia estructural física y composición química, con aplicaciones sencillas de las que pueden obtenerse información en poco tiempo y atractivos para el observador.

**Fruto:** El fruto es el órgano procedente de la flor, o de partes de ella, que contiene a las semillas hasta que estas maduran y luego contribuye a

diseminarlas. Desde un punto de vista ontogenético, el fruto es el ovario desarrollado y maduro de las plantas con flor. (Sarmiento, 2018)

**DPPH:** Se conoce así a la técnica que emplea el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo como radical. El DPPH es un radical libre que se puede obtener directamente disolviendo el reactivo en un medio orgánico. (SlindesHare, 2013)

**Espectrofotómetro:** Un espectrofotómetro es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

**Localidad:** Los análisis de la determinación de flavonoides, capacidad antioxidante y los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios de Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA) en el local académico sede Santa Rosa, ubicado en la Av. 28 de julio N° 1103 del distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas región Apurímac.

### 4.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

#### a) Materia prima

Material Vegetal Frutos:

- Capachu
- Huancachu
- Cheqche
- Alaybili

#### b) Equipos e instrumentos

En la Tabla 5, se muestran la Lista de equipos e instrumentos de investigación

**Tabla 5.** Equipos e instrumentos de investigación

CANTIDAD	EQUIPOS E INSTRUMENTOS	MARCA
01	Balanza digital	ABS
01	Estufa	KERT LAB
01	Cámara digital	SONY
01	Congeladora	VENTUS
01	Refrigeradora	MABE
01	Potenciómetro	HANNA
01	Refractómetro	ATAGO
01	Agitador magnético	LW-SIENTIFIQUE
01	Termómetro digital	GERMANY

**c) Materiales**

En la Tabla 6, se muestran la Lista de materiales de investigación

**Tabla 6.** Equipos e instrumentos de investigación

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b>	<b>MARCA</b>
03	Varilla de vidrio	FORTUNA
01	Paquete papel tissue	ELITE
05	Mortero con pilón	SCHOTT
08	Vasos precipitados de 100ml	FORTUNA
01	Agitador magnetico	LW-SIENTIFIQUE
04	Pipetas de 5 ml , 10 ml	FORTUNA
04	Bureta de 25 ml	VMR
02	Soporte Universal metálico	S/M
02	Espátula mediana y pequeña	S/M
06	Probetas de 50, 100, 250 ml.	
02	Pizetas.	S/M
01	Rotulador	FABER CASTELL
12	Placa Petri	SCHOTT
05	Rollos de papel aluminio	
01	Papel filtro.589/2 (Whatman -40). Ø 11 c	S&S
06	Botellas de vidrio ámbar	
08	Láminas de papel filtro.589/2 (Whatman -40). Ø 11 cm	S&S
04	Papel aluminio	

**d) Reactivos**

En la Tabla 7 se muestran la Lista de reactivos e insumos de laboratorio.

**Tabla 7.** Reactivos e insumos de laboratorio

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD MEDIDA</b>
Hidróxido de Sodio	500	g
Fenolftaleína	500	ml
Agua destilada	20	L
Ácido cítrico	500	g

#### 4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

**Población:** Se consideró como población de estudio a los frutos *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí), que se recolectaron del bosque de Kankarhuay en el centro poblado de Cotahuacho, del distrito de Pacucha, durante los meses de diciembre, enero y febrero donde se encuentran en su estado de madurez completa.

**Muestra:** Para obtener la muestra se realizó un Muestreo Aleatorio, que consistió en recolectar 250 gramos de cada uno de los frutos silvestres: *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí), frutos maduros, con una coloración apropiado.

#### 4.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al fin que persigue:

**Aplicada:** Se define así, debido a que se determinó el contenido de flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas de cuatro variedades de frutos nativos, para lo cual fue necesario la aplicación de conceptos teóricos y científicos pertinentes al tema y a la ingeniería agroindustrial.

**No experimental.** Se define de esta manera porque, no se realizaron manipulaciones en las variables, para probar la hipótesis.

#### 4.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

##### 4.5.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES

###### **Recolección de frutos**

Los frutos fueron recolectados del bosque de Kankarhuay, ubicado en el centro poblado de Cotahuacho del distrito de Pacucha durante los meses de diciembre, enero y febrero. Se encuentra al Noreste de la ciudad de Andahuaylas entre los 2 500 y 4 080 msnm; con un área aproximada de 415.80 Has (Reynaga, 2003).

### Tratamientos preliminares del acondicionamiento de frutos.

- **Selección de frutos.** Los frutos fueron seleccionados tomando en cuenta su madurez de consumo, color homogéneo, peso y dimensiones similares, sin deterioro y daños físicos.
- **Pesado de los frutos.** Posterior a la selección se procedió a pesar cada especie de los frutos para poder tomar el registro de la recolección.
- **Lavado de los frutos.** Luego de haber pesado cada especie de los frutos nativos, fueron lavados con agua destilada agregándole 03 ml de hipoclorito de sodio (NaClO) en un litro de agua (H<sub>2</sub>O)
- **Secado de los frutos.** Luego de haber lavado los frutos, estas fueron secados a temperatura ambiente (15 ± 25°C). Posterior al secado se tomaron una porción de 250 gramos de cada especie para poder ser analizados (flavonoides y capacidad antioxidante) y otra porción para realizar el análisis fisicoquímico.
- **Refrigerado.** Luego de haber lavado los frutos, estas serán refrigerados a temperatura de refrigeración 5 °C durante 7 días.

### 4.5.2. ANÁLISIS

#### 4.5.2.1. MÉTODO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS FLAVONOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV VISIBLE

##### Preparación de extracto

Se pesó 1 g de muestra fresca y se extrajo con 10 mL de etanol al 80% se llevó a un vortex por 1 minuto y centrifugó a 10 °C a 5000 rpm por 10 min. El sobrenadante fue transferido a una fiola de 50 mL (se repitió por 3 veces el procedimiento anterior) y se llevó a volumen con etanol al 80%.

##### Contenido de Flavonoides totales

Para medir el contenido de flavonoides se empleó la metodología usada por: (Ivanova, 2010), a través del método espectrofotométricos de la siguiente forma.

Para la elaboración de la curva de calibración de catequina, se prepararon diluciones de este estándar a concentraciones de 9 a 60 µg/mL, las cuales fueron tratadas de manera similar a la muestra. El contenido de flavonoides totales fue expresado como:

$$CF = (\text{mg CAT})/(\text{g}) \dots \dots \dots \text{Ec.}(1)$$



DONDE:

CF : Contenido de flavonoide.

mg CAT : Miligramos-equivalentes de catequina.

#### **4.5.2.2. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Se utilizó el método de la decoloración del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), desarrollado por Brand-Williams et al., (1995), para la determinación de la capacidad antioxidante en extractos hidrofílicos.

##### **Preparación de la solución madre de Trolox**

Para ello se disolvió 2 mg del reactivo Trolox (Ácido – 6 – hidroxil – 2, 5, 7, 8 – tetrametil – croman – 2- carboxilo), en 10 ml de metanol al 80%. Y por lo tanto se tuvo una concentración de 800  $\mu$  moles/l.

##### **Preparación del Radical de DPPH**

La solución de DPPH se preparó disolviendo 24 mg de DPPH en 100 ml de metanol. Esta solución fue almacenada en un frasco ámbar o cubierto con papel aluminio a -20 °C por un tiempo no mayor a una semana.

Posteriormente se midió la absorbancia de la solución diluida de DPPH a 517 nm que debe dar una lectura de 1,1. + 0,02.

Posteriormente al extracto de frutas de 0.1 ml, se le adicionara 2.9 ml de la solución de DPPH.

El blanco fue metanol en lugar de la solución antioxidante.

Se agito vigorosamente por un tiempo de 2 a 3 minutos y se dejó reaccionar la muestra con la solución diluida, los tubos de ensayos fueron cerrados y en oscuridad por un tiempo de 2 horas a temperatura ambiente en el laboratorio del lugar de estudio, Luego de ello de manera cautelara se realizó la lecturas al espectrofotómetro a 517 nm hasta no observar cambios significativos en la absorbancia a través del tiempo; las lecturas se repitieron hasta alcanzar un punto estable de la absorbancia final.

##### **Cálculo de la capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante se calculó usando la curva de calibración estándar de Trolox, se restará la absorbancia del blanco y la absorbancia de la muestra, por su factor de dilución mostrando los resultados como ( $\mu$ g

de Trolox Eq\* /g muestra de fruto fresco), para lo cual se calculó con la ecuación 2.

$$(\mu\text{g Trolox Eq}^*)/(\text{g muestra fresca})=((bx)*(0.25)*(ml/g)*(FD))\dots\text{Ec.}(2)$$

Donde:

**bX** = Se obtuvo mediante la ecuación de la curva de calibración de Trolox. Siendo X: La variación de las absorbancias  $\Delta$  (Abs blanco – Abs muestra).

**0.25**= Se obtuvo del peso molecular del Trolox para expresar en unidades  $\mu\text{g}$  que es igual a un micromolar Trolox.

= Volumen de la muestra (ml del extracto)

**p** = Peso de la muestra en gramos

**FD** = Es el factor de dilución, que se obtuvo dividiendo el volumen final de la muestra para la lectura de absorbancia entre el volumen inicial.

#### **4.5.2.3. MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE FRUTOS (HUANCACHU, CAPACHU, CHEQCHE Y ALAYBILÍ).**

##### **Análisis de pH**

Para medir el nivel de pH se utilizó la metodología de Asociación de las comunidades analíticas (AOAC, 1990). (Método 943.02/05).

Se realizó con el uso del (potenciómetro) midió alcalinidad de la muestra.

Para dar inicio a l análisis del pH. Se seleccionaron 10 gramos de cada fruto; con el uso de un mortero se trituraron hasta obtener el extracto, esta se mezcló con 50 ml de agua destilada, Se filtrará a través de un papel filtro Nro. 40. Luego se tomó una alícuota y medirá el pH, con el potenciómetro.

El calibrado del potenciómetro fue necesario para obtener datos confiables.

##### **Análisis de Humedad**

Se realizó por el método gravimétrico según AOAC, (2001) esto se fundamentó en la pérdida de peso de la muestra, usando la estufa a 110° C por cuatro horas, hasta obtener un peso constante. Los cálculos fueron hallados por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de humedad} = ((\text{pmh} - \text{pms}) / (\text{pmh})) \times 100 \dots \text{Ec. (3)}$$

Donde:

pms : Peso de muestra seca

pmh : Peso de muestra húmeda

### **Grados \*Brix o sólidos solubles**

Se realizaron por el método descrito por la AOAC (1980), se utilizando el refractómetro digital marca ATAGO.

Se tomaron muestras de 5 gramos de cada fruto, éstas fueron triturados en un mortero, extrayendo al menos 2 a 3 gotas del zumo de cada fruto, posteriormente estas han sido colocadas en el cristal refractario del refractómetro y observadas mostrando a la luz.

### **Acidez**

Se realizó por el método descrito por la AOAC, (2001), por titulación de neutralización, utilizando fenolftaleína como indicador e hidróxido de sodio 0.1 N como solución titulante. Para determinar el porcentaje de ácidos totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de ácidos totales} = ((N * \text{Meq} * F) / \text{mg}) \times 100 \dots \text{Ec. (4)}$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH

Meq = Peso mili equivalente del ácido predominante (ácido cítrico = 0,192 g/ mEq).

mg = Peso de la muestra en g.

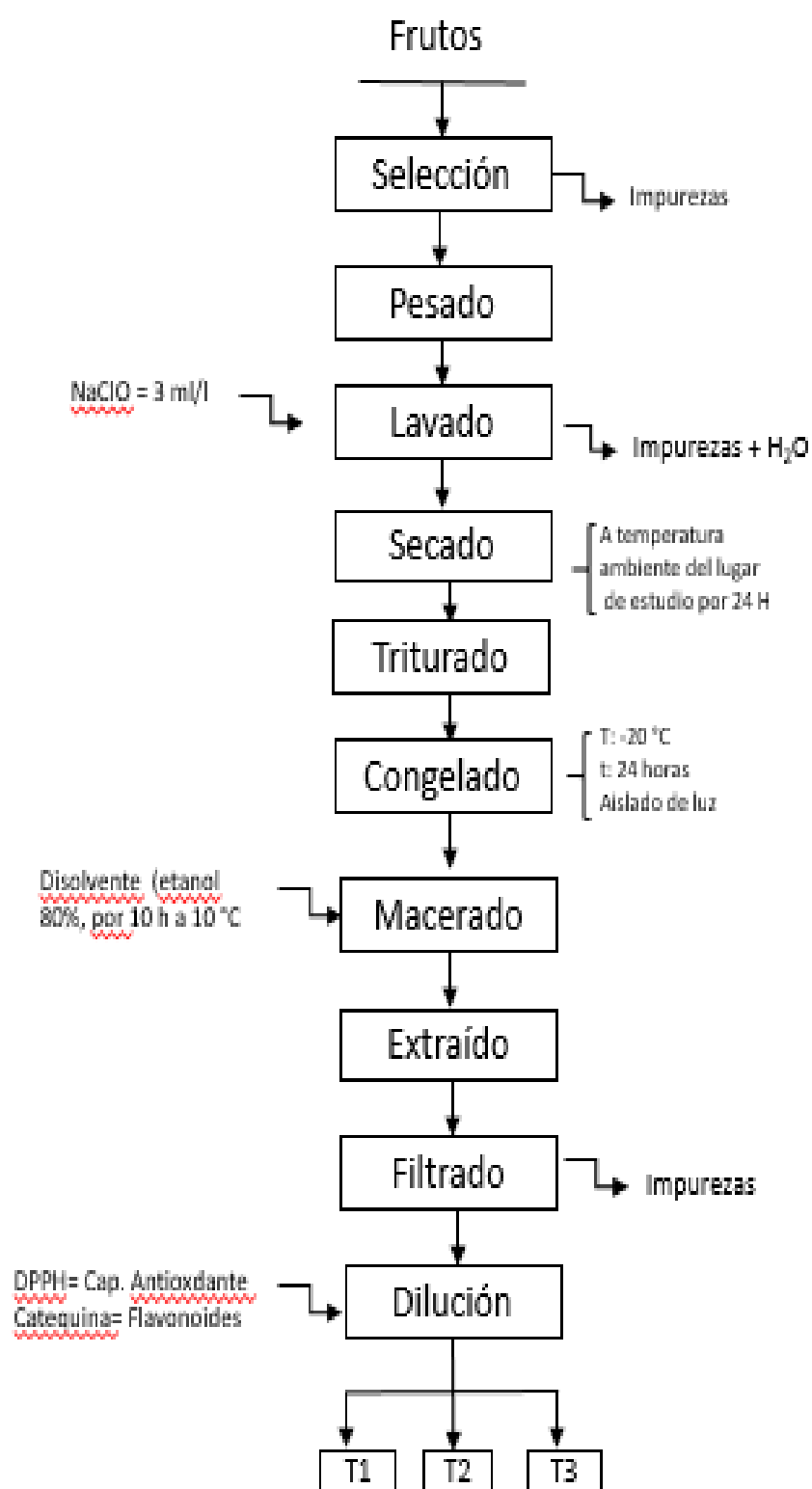
F = Volumen en mililitros del Alkali utilizado.

### **Índice de madurez**

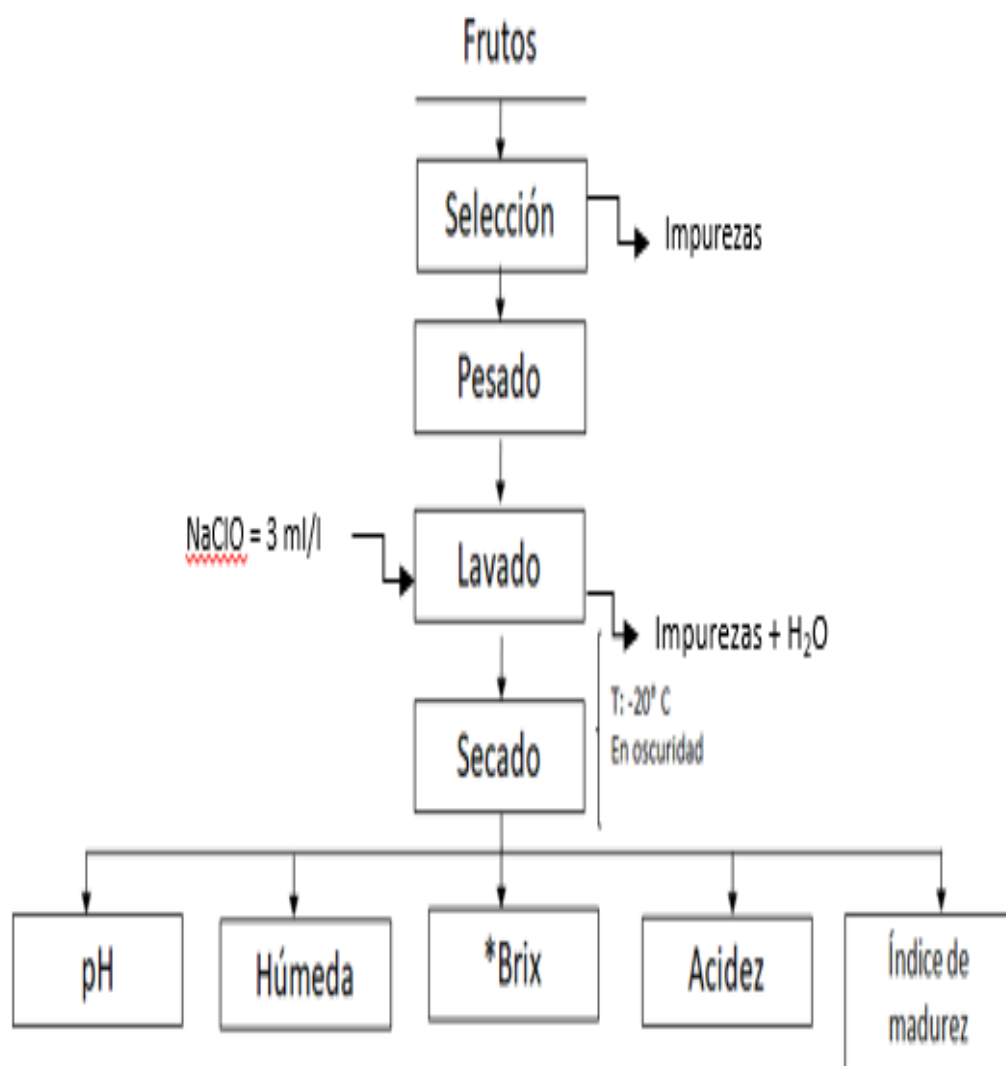
Es la relación entre sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de Acidez titulable (ATT). (Pérez Trueba y Martínez Sánchez, 2001)

Calculado por la siguiente ecuación:

$$I.M = \text{SST} / \text{ATT} (\text{°brix} / (\% \text{acidez})) \dots \text{EC. (5)}$$



**Figura 5.** Diagrama de bloques de la metodología experimental para la determinación de flavonoides y capacidad antioxidante presentes en frutos de, *Hesperomeles escalloniifolia* Schldl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. M



**Figura 6.** Diagrama de bloques de la metodología experimental para la determinación de características fisicoquímicas presentes en frutos de, *Hesperomeles escalloniifolia* Schltl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (Salas, 2017)

#### 4.5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente trabajo de tesis, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerándose de esta manera solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Se desarrolló una investigación de acuerdo a las siguientes variables de estudio los cuatro frutos silvestres (Huancachu, Capachu, Cheqche y Alaybilí).

**Tabla 8.** Matriz de diseño experimental

Nro. de Tratamientos	N° Repeticiones	Contenido de flavonoides	Capacidad antioxidante	Características fisicoquímicas				
				pH	%H	*B	âc	IM
T1 (huancachu)	HU r1							
	HU r2							
	HU r3							
T2 (capachu)	CA r1							
	CA r2							
	CA r3							
T3 (Cheqche)	CH r1							
	CH r2							
	CH r3							
T4 (Alaybilí)	AL r1							
	AL r2							
	AL r3							

#### 4.5.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### **ANOVA para el diseño completamente al azar (DCA).**

El análisis de varianza (ANOVA) es la técnica central en el análisis de datos experimentales.

La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En el caso del DCA se separan la variabilidad debida a los tratamientos y debida al error. Cuando la primera predomina “claramente” sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto, o dicho de otra manera, las medias son diferentes.

El objetivo del Análisis de varianza en DCA es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta.

Es importante resaltar que el ANOVA supone que la variable de respuesta se distribuye normal, con varianza constante (los tratamientos tienen varianza similar) y que las mediciones son independientes entre sí. Estos supuestos deben verificarse con las hipótesis para estar más seguros de las conclusiones obtenidas, de la siguiente manera.

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu \dots \dots \dots \text{Ec.}(6)$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j \dots \dots \dots \text{Ec.}(7)$$

**Análisis de DCA (Diseño completamente al azar)**

El modelo estadístico para este diseño está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau(i) + \epsilon_{ij} \dots \dots \dots \text{Ec.}(8)$$

Donde  $\mu$  es el parámetro de escala común a todos los tratamientos, llamado media global,  $\tau(i)$  es un parámetro que mide el efecto del tratamiento  $i$ , medición que corresponde al tratamiento  $i$ ,  $\epsilon_{ij}$  es el error atribuible a la medición,  $Y_{ij}$  Este modelo implica que en el diseño completamente al azar actuarían a lo más dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. La media global  $\mu$  de la variable de respuesta no se considera una fuente de variabilidad por ser una constante común a todos los tratamientos, que hace las veces de punto de referencia con respecto al cual se comparan las respuestas medias de los tratamientos. Si la respuesta media de un tratamiento particular  $\mu$  es “muy diferente” de la respuesta media global, es un síntoma de que existe un efecto de dicho tratamiento.

**Comparaciones o pruebas de rango múltiple**

Posterior al análisis de ANOVA se utilizará el método LSD Diferencia mínima significativa que es la diferencia mínima que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que dos tratamientos son diferentes.

**Comparación de parejas de medias de tratamientos**

Cuando no se rechaza la hipótesis nula  $H_0: \mu(i) = \mu_j \dots \dots \mu(k) = u$ , el objetivo del análisis está cubierta y la conclusión es que los tratamientos no son diferentes. Si por el contrario se rechaza ( $H_0$ ), y por consiguiente se acepta la hipótesis alternativa  $H_A: \mu(i) \neq \mu_j$  para algún  $i \neq j$ , será necesario investigar cuales tratamientos resultaron diferentes, o cuales provocan la diferencia.

**Método LSD (diferencia mínima significativa)**

Una vez se rechazó en el ANOVA, el problema es probar la igualdad de todos los posibles pares de medias con la hipótesis:

**$H_0: \mu_i = \mu_j$        $H_A: \mu_i \neq \mu_j$**

Para toda  $i \neq j$  para  $K$  tratamientos se tiene  $(n)$  total de pares de media, se calcula con la siguiente ecuación 10:

$n = (K(K-1))/2$ .....Ec.(9)

Se rechaza la  $H_0: \mu_i = \mu_j$  si ocurre que:

$LCD = (Y_i - Y_j) > t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{CME(1/n_i + 1/n_j)}$  .....Ec.9

Donde el valor de  $t_{\alpha/2, N-k}$  se lee en la tabla de distribución de T student con  $N-k$  grado de libertad que corresponden al error, el  $CME$  es el cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla de ANOVA, y  $n_i$  y  $n_j$  son el número de observaciones para los tratamientos  $i$  y  $j$ , respectivamente.

Así, cada diferencia de medias muestrales en valor absoluto que sea mayor que el número LSD se declara significativa. Si el diseño es balanceado, es decir si  $n_1 = n_2 = \dots = n_k$ , la diferencia significativa se reduce a :

$LSD = t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{2CME/n}$ .....EC.(10)



## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. CONTENIDO DE FLAVONOIDES PRESENTES EN FRUTOS

El contenido de flavonoides totales en los frutos se determinó a través del contenido mg-eq catequina/100 g, los resultados se muestran en la Tabla 9. Se determinó por triplicado, considerando la absorbancia a 515nm.

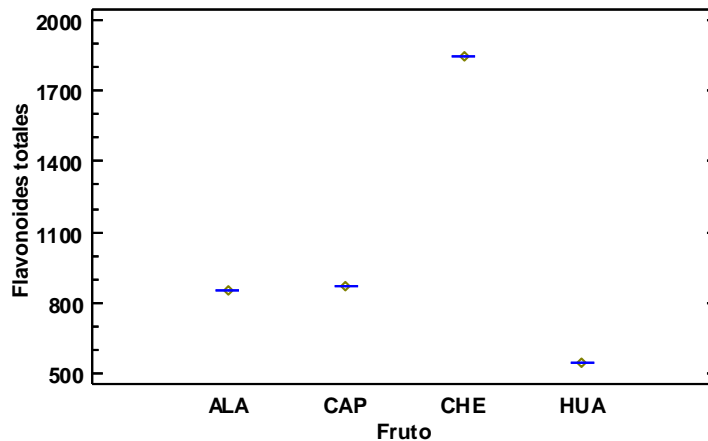
**Tabla 9.** Resultados del contenido de flavonoides en los frutos

FRUTOS	Flavonoides totales (mg-eq catequina/ g)		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	1842.03	$\pm$	0.12
HUANCACHU	549.21	$\pm$	0.08
CAPACHU	872.33	$\pm$	0.31
ALAYBILI	851.08	$\pm$	0.09

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha=5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 7

La Tabla 9, permite apreciar los resultados de flavonoides presentes en los cuatro frutos, de un promedio de tres repeticiones como se muestra en el (Anexo 1), el fruto con mayor contenido de flavonoides fue Cheqche con un total de  $1842 \pm 0.12$  (mg-eq catequina/g), seguido del fruto Capachu con un total de  $872 \pm 0.31$  (mg-eq catequina/g), alaybili con un total de  $851 \pm 0.09$  (mg-eq catequina/g) y huancachu con un total de  $549 \pm 0.08$  (mg-eq catequina/g), expresados en base húmeda. De acuerdo a ANOVA, (Anexo 7) muestra que el valor-p,  $< 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre la media de Flavonoides totales, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 7, donde las medias de flavonoides se encuentran dispersos unos de otros.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**Figura 7.** Comparación de medias Flavonoides

Los resultados del contenido de flavonoides como se muestra en la Tabla 9, se aprecia que el fruto con mayor contenido de flavonoides Cheqche con un total de  $1842 \pm 0.12$  (mg-eq catequina/100 g) es el que representa en mayor cantidad respecto a los otros, Pérez, (2014), reporta valores de flavonoides en frutos de guaba obteniendo 2.845,21 mg catequina.100 g-1 muestra seca y muestras frescas 1.705,83 mg catequina.100 g-1, en comparación a los resultados obtenidos en la presente investigación, el contenido de flavonoides es inferior en todos los casos, por lo tanto, los cuatro frutos estudiados presentan una inferioridad en el contenido de flavonoides, al igual, (Felipe Mendoza y Torres Pelayo, 2016), reportaron valores de para el fruto de zarzamora obteniendo 70.517 mg-eq- CAT/100g. Siendo valores inferiores a los obtenidos en la investigación, (Rojano, Cortes, & Zapata, 2013), reporto valores de capacidad antioxidante del fruto guayaba obteniendo  $13373 \pm 12$  mg-eq- CAT/100g. Siendo un fruto con elevado contenido de flavonoides en comparación a lo obtenido en la presente investigación.

## 5.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE PRESENTES EN FRUTOS

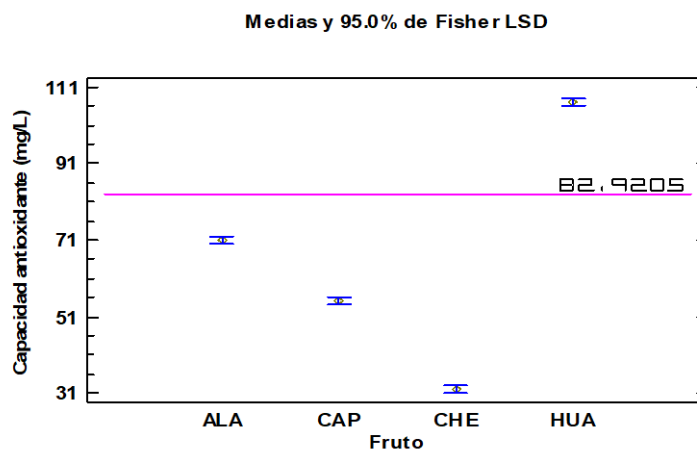
La capacidad antioxidante en los frutos se determinó a través de los indicadores  $\mu\text{g Eq}^* \text{ Trolox/ } 100 \text{ g fruto fresco}$ , los resultados se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Resultados de capacidad antioxidante de frutos

FRUTOS	Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/}$ 100 g fruto fresco)		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	32010.2	$\pm$	1.66
HUANCACHU	107002.0	$\pm$	0.08
CAPACHU	55021.24	$\pm$	1.61
ALAYBILI	71009.01	$\pm$	0.09

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha=5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 8

La Tabla 10, permite apreciar los resultados de la capacidad antioxidante presentes en los cuatro frutos, de un promedio de tres repeticiones como muestra en el (Anexo 2), el fruto con mayor contenido de capacidad antioxidante fue, Huancachu (HUA) con un total de  $107002.0 \pm 0.08$  ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/}$  100 g fruto fresco), Seguido del fruto Alaybili (ALA) con un total de  $71009.01 \pm 0.09$  ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/}$  100 g fruto fresco), Capachu (CAP)  $55021.24 \pm 1.61$  ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/}$  100 g fruto fresco) y Cheqche (CHE)  $32010.2 \pm 1.66$  ( $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/}$  100 g fruto fresco), expresados en base húmeda. De acuerdo a la tabla de análisis de varianza ANOVA, (Anexo 8) muestra que el valor-p,  $< 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de capacidad antioxidante, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 8, donde las medias de capacidad antioxidante se encuentran dispersos unos de otros.



**Figura 8.** Comparación de medias de capacidad antioxidante

Los resultados de capacidad antioxidante como se muestra en la Tabla 10, se aprecia que el fruto con mayor capacidad antioxidante fue, huancachu (HUA) con un total de  $107002.0 \pm 0.08$  ( $\mu\text{g Eq}^*$  Trolox/ 100 g fruto fresco), quien presenta mayor capacidad antioxidante en comparación con los otros frutos, Los resultados se compararon al reporte de; (Gaviria, Hernández, Lobo, Medina, y Alberto, 2012), reporto la actividad antioxidante de (*Vaccinium meridionale Sw.*) mortiño obtuvo 3750  $\mu\text{g}$  equivalente de Trolox/ 100 g, comparados con los resultados obtenidos, este muestra valores inferiores a lo obtenido; (Repo y Enzina 2008), determinan la capacidad antioxidante por el método DPPH del que obtuvo valores para tuna 482 , papaya 1936, tomate 853 y aguaymanto 729 expresados en  $\mu\text{g eq Trolox / g}$ . comparados con resultados obtenidos en la presente investigación, demuestra que la capacidad antioxidante, es inferior a los resultados reportados; (Salas, 2017) reporto valores para el fruto de Frambuesa silvestre 25010.87, seguido por Machamacha con 23328.90 y Condorpausan con menor nivel de capacidad antioxidante 21924.65 ( $\mu\text{g Eq}^*$  Trolox/ 100 g; comparados a esta se los valores obtenidos en la presente investigación muestran mayor capacidad antioxidante sin embargo, para tener un resultado concreto de la capacidad antioxidante, se requería realizar pruebas a través de otros métodos el cual permita determinar con mayor certeza los resultados.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN FRUTOS

#### 5.3.1. RESULTADOS DE pH DE LOS FRUTOS

El pH en los frutos se determinó a través del potencial de hidrogeniones, los resultados se muestran en la Tabla 11.

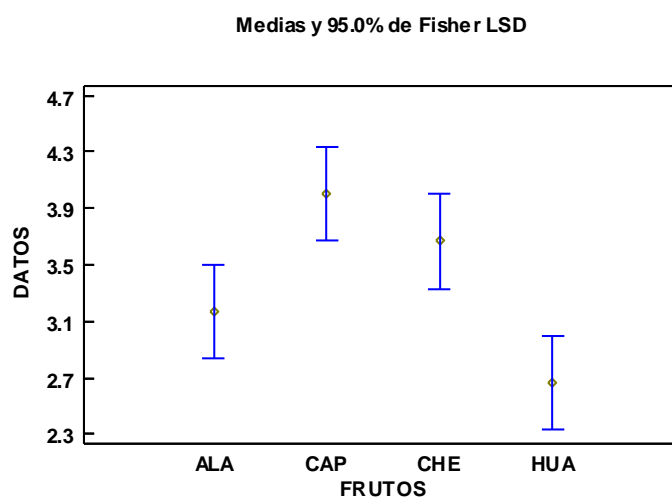
**Tabla 11.** Resultados de potencial de Hidrogeniones (pH) de frutos

FRUTOS	pH		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	3.7	$\pm$	0.29
HUANCACHU	2.7	$\pm$	0.29
CAPACHU	4.0	$\pm$	0.50

ALAYBILI	3.2	±	0.29
----------	-----	---	------

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha = 5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 9

La Tabla 11, muestra los resultados del análisis del pH para los cuatro frutos de un promedio de tres repeticiones como muestra en el (Anexo 3); obteniéndose los siguientes valores para; capachu (CAP) pH de  $4.0 \pm 0.50$ , seguido por cheqche (CHE), pH  $3.7 \pm 0.29$ , alaybilí (ALA)  $3.2 \pm 0.29$  y huancachu (HUA)  $2.7 \pm 0.29$ , cada uno de los resultados están expresados en base húmeda. De acuerdo a la tabla de análisis de varianza ANOVA, (Anexo 9), De acuerdo a la tabla de análisis de varianza ANOVA, (Anexo 9) muestra que el valor-p,  $> 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto no existe diferencia significativa entre las medias del pH de cada fruto, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 9, donde las medias de pH se traslapan unos de otros en las medias del fruto CAP y HUA; cheqche CHE y HUA; ALA y CAP, muestran diferencia significativa a diferencia de las medias de los frutos, ALA y CHE; ALA y HUA; CAP y CHE, no presentan diferencia significativa, con un intervalo de confianza de 95%.



**Figura 9.** Comparación de medias pH

Los resultados pH, obtenidos del en los cuatro frutos, como se muestra en la Tabla 12, se aprecia que el fruto capachu (CAP); tubo un pH de  $4.0 \pm 0.50$ , seguido por cheqche (CHE) con un pH de  $3.7 \pm 0.29$ , alaybilí (ALA)  $3.2 \pm 0.29$  y huancachu (HUA)  $2.7 \pm 0.29$ . comparados con los valores reportados por (Salas, 2017) en frutos

de Machamacha (M) 3.1, Condorpausan (c) 4.9, Alaybilí (A) 3.0 y frambuesa silvestre (F) 2.7, por lo tanto no muestran diferencias frente a valores obtenidos, ya que tales frutos provienen de la misma zona de recolección, en tanto, (Barrios, 2007), reporto el pH arándano obteniendo valores de pH 2.90, comparados con los valores obtenidos el fruto HUA, muestran resultados similares, al igual que, (Vásquez, Vanegas, Ordóñez, y González, 2014), reporto valores en lulo obteniendo un pH (2.89 - 2.94), los frutos estudiados también fueron similares. Para el análisis del valor de pH de frutos requiere de la madurez completa, de tal manera se obtendrán resultados adecuados.

### 5.3.2. HUMEDAD DE LOS FRUTOS

La Humedad en los frutos se determinó a través del Humedad %, los resultados se muestran en la tabla 12.

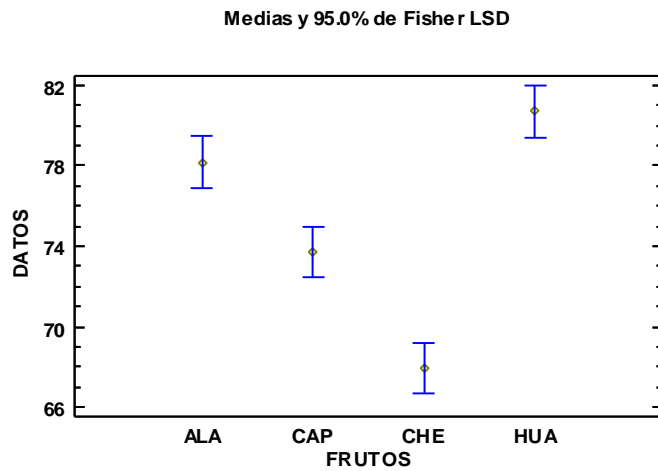
**Tabla 12.** Resultados de Humedad de frutos

FRUTOS	Humedad %		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	67.95	$\pm$	1.10
HUANCACHU	80.68	$\pm$	2.36
CAPACHU	73.70	$\pm$	1.74
ALAYBILI	78.16	$\pm$	1.06

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha = 5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 10

La Tabla 12, muestra los resultados del análisis de Humedad para los cuatro frutos de un promedio de tres repeticiones como muestra en el (Anexo 4); se obtuvo los valores de Humedad para huancachu (HUA) con un total de  $80.68 \pm 2.36 \%$ , seguido de alaybili (ALA) con  $78.16 \pm 1.06 \%$ , capachu (CAP) con  $73.70 \pm 1.74\%$  y cheqche (CHE) con  $67.95 \pm 1.10\%$ , cada uno de los resultados están expresados en base húmeda. Con respecto al resultado de análisis de varianza ANOVA, muestra que el valor-p,  $< 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de humedad en cada fruto, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 10, donde las medias de la humedad no se traslapan unos de otros, en las medias del fruto excepto las

medias, el fruto alaybili (ALA) y huancachu (HUA), no presenta diferencias significativas entre sus medias.



**Figura 10.** Comparación de medias para Humedad

Los resultados de humedad obtenidos en los cuatro frutos, como se observa en la Tabla 12, se aprecia que el fruto HUA presenta valores de  $80.68 \pm 2.36$  %, fruto con mayor contenido de humedad, seguido de ALA con  $78.16 \pm 1.06$  %, los mencionados valores son propios de los frutos frescos, comparados con los valores reportados por (Salas, 2017), en frutos de Frambuesa silvestre determino 82.79 % seguido de Machamacha con 82.74 %, Condorpausan 78.61 % y Alaybilí con 74.53 % expresados en base húmeda. Por lo que el porcentaje de humedad para los frutos estudiados también fue similares mediante la comparación de las medias con LSD Fisher para un nivel de confianza al 95 %.

### 5.3.3. SÓLIDOS SOLUBLES (\*BRIX) DE LOS FRUTOS

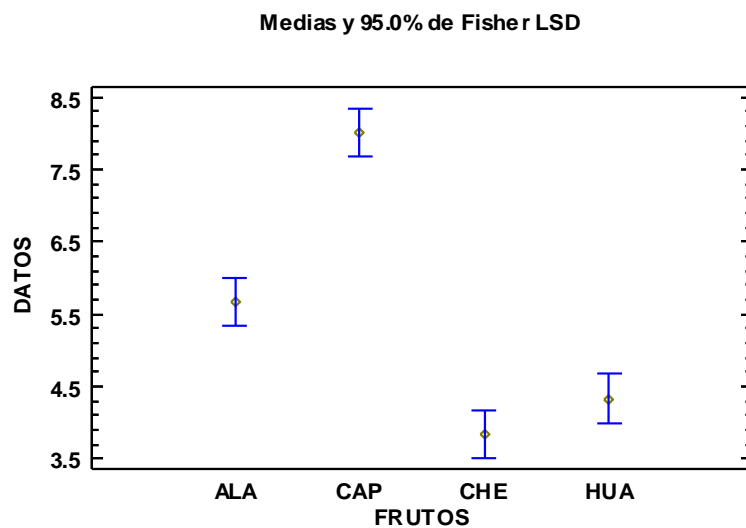
El sólido soluble en los frutos se determinó a través del \*Brix, los resultados se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13.** Resultados de Sólidos Solubles (\*Brix) de frutos

FRUTOS	°Brix		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	3.83	$\pm$	0.29
HUANCACHU	4.33	$\pm$	0.29
CAPACHU	8.00	$\pm$	0.50
ALAYBILI	5.67	$\pm$	0.29

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha = 5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 11

La Tabla 13, muestra el resultado de sólidos solubles \*Brix, de cuatro frutos de un promedio de tres repeticiones como muestra en el (Anexo 3), para el fruto CAP se obtuvieron valores de  $8.00 \pm 0.50$  \* Brix, ALA con  $5.67 \pm 0.29$  \* Brix, HUA con  $4.33 \pm 0.29$  \*Brix y CHE con  $3.83 \pm 0.29$  \*Brix cada uno de los resultados están expresados en base húmeda. Con respecto al resultado de análisis de varianza ANOVA muestra que el valor-p,  $< 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de sólidos solubles en cada fruto, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 11, donde las medias de la humedad no se traslapan unos de otros, excepto las medias, el fruto CHE y HUA, no presenta diferencias significativas entre sus medias.



**Figura 11.** Comparación de medias sólidos solubles

Los resultados obtenidos para sólidos solubles en los cuatro frutos, se obtuvieron valores para; capachu (CAP) con  $8.00 \pm 0.50$  ° Brix, siendo el de mayor contenido, seguido de alaybili (ALA) con  $5.67 \pm 0.29$  \*Brix, estos valores se compararon con el reporte de (Vásquez, Vanegas, Ordóñez y González, 2014) en frutos de lulo en el que reporto valores de sólidos solubles (6.58 - 9.04 °brix), muestran similar contenido a frutos de CAP y ALA, del mismo modo (Barrios, 2007), en arándano, (*vaccinium corymbosum*) reporto valores en Sólidos solubles de 10-40 \*Brix, a diferencia de esta



investigación, los valores obtenidos son inferiores. (Salas, 2017) reporto valores en Frambuesa silvestre (9.34) \*Brix seguido por el fruto Condorpausan (9.12) \*Brix, Machamacha (4.34) \*Brix y Alaybilí (4.28) \*Brix, presentan valores similares a los resultados obtenidos.

#### 5.3.4. ACIDEZ DE LOS FRUTOS

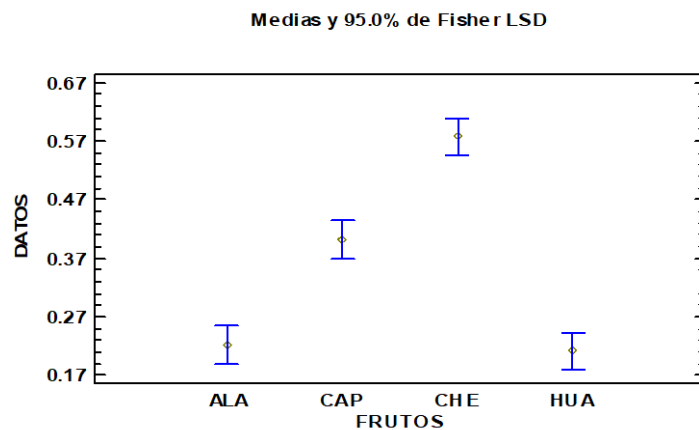
Los resultados Acidez se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14.** Resultados de Acidez de frutos

FRUTOS	Acidez		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	0.58	$\pm$	0.02
HUANCACHU	0.21	$\pm$	0.03
CAPACHU	0.40	$\pm$	0.05
ALAYBILI	0.22	$\pm$	0.03

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha = 5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 12

La Tabla 14, muestra el resultado de Acidez, de cuatro frutos de un promedio de tres repeticiones como muestra en el (Anexo 5), el fruto cheqche (CHE) se obtuvo valores de  $0.58 \pm 0.02 \%$ , seguido de capachu (CAP) con  $0.40 \pm 0.05 \%$ , alaybili con  $0.22 \pm 0.03 \%$ , huancachu con  $0.21 \pm 0.03 \%$  y cada uno de los resultados están expresados en base húmeda. Con respecto al resultado de análisis de varianza ANOVA, muestra que el valor-p,  $< 0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de Acidez, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 12, donde las medias de % de acidez se encuentran dispersos unos de otros, excepto las medias, el fruto ALA y HUA, no presenta diferencias significativas entre sus medias.



**Figura 12.** Comparación de medias acidez

Los resultados obtenidos de la acidez de cuatro frutos, se muestran los siguientes valores cheqche (CHE) con  $0.58 \pm 0.02$  %, con mayor contenido de acidez, seguido de capachu (CAP) comparados con los valores reportados por, (Salas, 2017) , en frutos de frambuesa silvestre con 0.82%, Alaybilí con 0.21 %, seguido por Machamacha 0.17% y Condorpausan 0.16%, muestran valores similares como es el caso del alaybili y huancachu con el fruto Machamacha no obstante los valores muestran ciertas similitudes ya que los frutos fueron recolectados en el mismo lugar a diferentes pisos altitudinales.

### 5.3.5. ÍNDICE DE MADUREZ DE LOS FRUTOS

El Índice de madurez se evaluó mediante la ecuación 05, los resultados se muestran en la tabla 15.

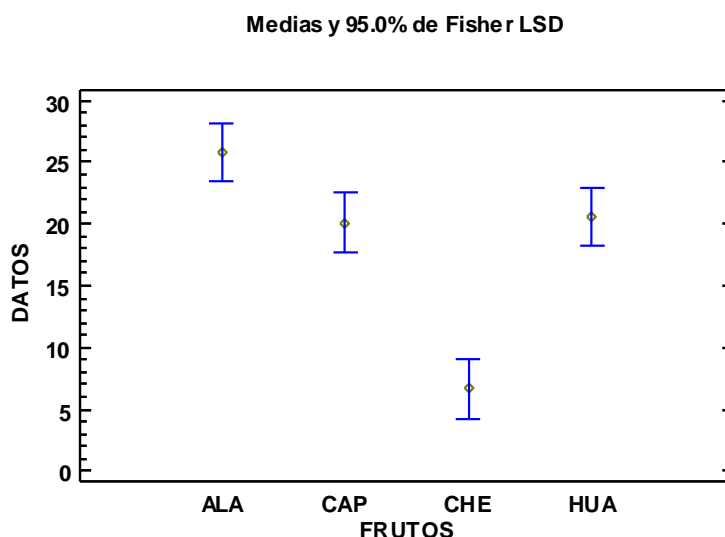
**Tabla 15.** Resultados de Índice de madurez de frutos

FRUTOS	Índice de madurez		
	$\bar{x}$	$\pm$	S
CHEQCHE	20.61	$\pm$	2.05
HUANCACHU	20.11	$\pm$	3.10
CAPACHU	6.63	$\pm$	0.45
ALAYBILI	25.81	$\pm$	3.37

Nota:  $\bar{x}$  es la media; S es la desviación estándar, evaluadas a través del test LSD, con  $\alpha = 5\%$ . Los datos empleados para el cálculo se muestran en el anexo 13

La tabla 15: muestra el resultado de Índice de Madurez, de cuatro frutos de un promedio de tres repeticiones como muestra en el

(Anexo 6), el fruto con mayor Índice de Madurez fue alaybili con  $25.81 \pm 3.38$ , seguido de huancachu con  $20.62 \pm 2.05$ , capachu (CAP) con  $20.11 \pm 3.10$  y cheqche (CHE) con  $6.63 \pm 0.45$ , y cada uno de los resultados están expresados en base húmeda. Con respecto al resultado de análisis de varianza ANOVA muestra que el valor-p,  $<0.05$  del nivel de significancia por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de índice de madurez, este mismo cuadro se puede evidenciar en la Figura 8, donde las medias de índice de madurez se encuentran dispersos unos de otros, con excepción de las medias de los frutos CAP y HUA, no muestra diferencias estadísticamente significativas entre sus medias por que estas se traslapan.



**Figura 13.** Comparación de medias de Índice de madurez

En la figura 13, se muestra la comparación de medias de Índice de Madurez con LSD Fisher de los cuatro frutos, se aprecia el análisis de las medias, el fruto capachu (CAP) y huancachu (HUA), no muestra diferencias estadísticamente significativas entre sus medias, a diferencia de las demás medias que, si indica una diferencia estadísticamente significativa con un intervalo de 95 % de confiabilidad, como observa en el (Anexo 13)

Respecto a los resultados para el índice de madurez de los cuatro frutos se obtuvieron valores para alaybili con  $25.81 \pm 3.38$ , siendo el fruto con mayor índice de madurez, seguido de huancachu con

20.62 ± 2.05, capachu (CAP) con 20.11 ± 3.10 y cheqche (CHE) con 6.63 ± 0.45, En comparación a los resultados obtenidos por (Vásquez, Vanegas, Ordóñez y González, 2014) en lulo (*Solanum quitoense* Lam.) obtuvo valores de (1.83 - 2.84), que son inferiores a lo obtenido, (Salas, 2017), obtuvo valores de índice de madures para Condorpausan (56.71), Machamacha (25.29), Alaybilí (21.05), se muestran valores elevados a diferencia de los resultados obtenidos, esta variación esta atribuida directamente a la madurez fisiológica dado que las condiciones de coloración no serían un indicador respecto al índice de madurez.

## CONCLUSIONES

- ✓ En la presente Investigación se determinaron el contenido de flavonoides, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas presentes en frutos *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) Y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí).
- ✓ Se concluye que el fruto, *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) Y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí) si presentan contenidos de Flavonoides, en las siguientes proporciones considerables.
- ✓ En cuanto a la capacidad antioxidante se obtuvieron valores representativos por lo tanto los frutos estudiados en la presente investigación presentan una elevada capacidad antioxidante.
- ✓ Se determinaron los valores de las características fisicoquímicas como; Sólidos Solubles, pH, Acidez, Humedad e Índice de Madurez, presentan diferencias entre cada fruto y están directamente relacionados al Índice de madurez del fruto.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios de los compuestos fenoles totales (clorofila, antocianinas, taninos, etc.) por Cromatografía de Gases y HPLC de manera más exhaustiva ya que permitiría conocer con mayor detalle de otros compuestos.
- ✓ Realizar estudios de identificación de antocianinas de los frutos mencionados en la presente investigación.
- ✓ Determinar e identificar los tipos flavonoides de los frutos mencionados en la presente investigación.
- ✓ Realizar pruebas de capacidad antioxidante por metodologías como ABTS, FRAP, ORAC y métodos directos, con la finalidad de determinar sus valores reales.
- ✓ Realizar pruebas de vida útil de los frutos y darles un valor agregado para su consumo.
- ✓ Realizar mayor incidencia en la identificación de especies en la zona de estudio ya que existen muchos frutos por identificar.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Agudo, L. (2010). TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTE EN ALIMENTOS. *Educacion en Extremadura*, 1981-1996.
- Ahmet, F., Colak, N., Primetta, A., Riihinen, K., Jaakola, L., Cruz, J., . . . Torun, H. (2017). Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Different-Colored and non-Pigmented Berries of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). *Food Bioscience*, 20, 67-78. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.06.004>
- Antioxidant properties of the fruits *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) and *Opuntia ficus-indica* (cactus pear). (2016). *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 105-109. doi: <https://doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812>
- Armenteros, M., Ventanas, S., Morcuende, D., Estévez, M., & Ventanas, J. (2012). Empleo de antioxidantes naturales. *Eurocarne*(207), 63-73. Obtenido de [www.paleolf.com/antioxidantes/zimax](http://www.paleolf.com/antioxidantes/zimax)
- Babor, J., & Ibarz, J. (1956). *QUIMICA GENERAL MODERNA*. Barcelona : MARIN.
- Badui, S. (2006). *Quimica de Alimentos*. Mexico: PEARSON. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Barrios, J. (2007). "EFECTOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE ARÁNDANO cv. ELLIOT (*Vaccinium corymbosum* L) BAJO MALLAJE DE SOMBRA PARA EL CONTROL DE LA MADUREZ". Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/egb275e/doc/egb275e.pdf>
- Bors, W., Heller, W., Michel, C., & Saran, M. (1990). Flavonoids: Properties and antioxidizing action. *Nutr. Diet.*, 36, 343-355.
- Brack, A. (2003). *Biodiversidad y Alimentación en el Perú*. Peru. Obtenido de <http://www.parlatino.org/es/temas-especiales/pnuma-ciudadania->

ambiental/seminario-del-pnuma-en-el-peru/biodiversidad-y- alimentacion-  
en-el-peru.html

- Cevallos, J., Llivisaca, S., Manzano, P., Ruales, J., Flores, C., Mendoza, J., & Peralta, E. (2018). Chemical, antimicrobial, and molecular characterization of mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) fruits and leaves. *Food Science Y Nutricion*, 6(4), 934-942. doi:DOI: 10.1002/fsn3.638
- Charalambous, G., & Bruckner, J. K. (1977). Análisis de iones metálicos en materiales de elaboración, mosto, cerveza y vino mediante espectroscopía de argón-plasma de emisión atómica acoplada inductivamente. *Master Brewers Association of the Americas*, 14(4), 197-208.
- Ciappini, M., Stoppani, F., Martinet, R., & Alvarez, M. (2013). Actividad Antioxidante y contenido de compuestos fenólico y flavonoides en miles de tréboles, eucalipto y alfalfa. *Rev. Ciencia. Tecnología*.(19), 45–51. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/317538682\\_Actividad\\_antioxidante\\_y\\_contenido\\_de\\_compuestos\\_fenolicos\\_y\\_flavonoides\\_en\\_mieles\\_de\\_e\\_treboles\\_eucalipto\\_y\\_alfalfa](https://www.researchgate.net/publication/317538682_Actividad_antioxidante_y_contenido_de_compuestos_fenolicos_y_flavonoides_en_mieles_de_e_treboles_eucalipto_y_alfalfa)
- Coronado, M., Vega , S., Gutiérrez, R., Vásquez, M., & Rodilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual. *Revista Chilena de Nutricion*, 8.
- Coronado, M., Vega, S., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014
- Coronado, Vega, Gutiérrez, Vásquez, Radilla , M. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual. *Rev Chil Nutr*, 8.
- Criado, C., & Moya, M. (2009). *Vitaminas y Antioxidantes*. Barcelona: SANED.



- Felipe Mendoza , N. A., & Torres Pelayo, R. (2016). *Determinación del contenido de flavonoides y antocianinas en frutos de zarzamora y en productos derivados de Atecáxil, Veracruz, México*. Mexico: Xalapa.
- Fennema, R., Parkin, K., & Domotiaran, S. (2010). *Química de los Alimentos*. Mexico: ACRIBIA S. A.
- Figueira, S., & Castilho, P. (2015). Phenolic screening by HPLC–DAD–ESI/MSn and antioxidant capacity of leaves, flowers and berries of *Rubus grandifolius* Lowe. *Industrial Crops and Products*, 73, 28–40.
- Figueroa, R., Tamayo, J., Gonzáles, S., Moreno, G., & Vargas, L. (2011). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE ANTOCIANINAS PRESENTES EN CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*). *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 12(1), 44-50.
- Formica , J. V., & Regelson, W. (1995). Review of the Biology of Quercetin and Related Bioflavonoids. *Food and Chemical Toxicology*, 33(12), 1061-1080. doi:doi:10.1016/0278-6915(95)00077-1
- Gaviria, M., Hernández, J., Lobo, M., Medina, C., & Alberto, B. (2012). Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante su. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 65(1), 6487-6495. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340019>
- Goldberg, D., Soleas, G., Diamandis, E., Hahn, S., & Pace-Asciak , C. (1995). Los fenólicos del vino tinto trans- resveratrol y quercetina bloquean la agregación plaquetaria humana y la síntesis de eicosanoides: implicaciones para la protección contra la enfermedad coronaria. *Clinica Chimica Acta*, 235(2), 207-219.
- Havsteen, B. (1983). Flavonoides, una clase de productos naturales de alta potencia farmacológica. *Farmacología bioquímica*, 32(7), 1141-1148.

- Hertog, M. G., Hollman, P. C., & Putte, B. (1993). Content of Potentially Anticarcinogenic Flavonoids of Tea Infusions,. *Food and Chemical Toxicology*, 41, 1242-1246. doi:doi:10.1021/jf00032a015
- Hill, J. W., & Kolb, D. K. (2017). *Química para el nuevo milenio*. TX, Estados Unidos de America: PEARSON.
- Hirota, S., Shimida, T., & Tacahama, H. (1999). Distribution of Flavonols and Enzymes Participating in the Metabolism in Onion Bulbs: Mechanism of Accumulation of Quercetin and Its Glucosides in the Abaxial Epidermis. *Food Sci. Technol*, 5(4), 384-387.
- Instituto Nacional del Cancer. (2013). <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/compuesto-bioactivo>.
- Jang, M., Cai, L., Udeani, G., Slowing, K., Thomas, C., Beecher, W., . . . Pezzuto, J. (1997). Cancer Chemopreventive Activity of Resveratrol, a Natural Product Derived from Grapes. *Science*, 275.
- Jorge, P., & Troncoso, L. (2016). Capacidad Antioxidante del fruto de la Opuntia apurimacensis (ayrampo) y de la Opuntia ficus-indica (tuna). *Anales De La Facultad De Medicina*, 77(2), 105-109. doi:https://doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812
- Justo, C., & Gutiérrez, V. (2002). DAÑO OXIDATIVO, RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126-33.
- Letan, A. (1966). The Relation of Structure to Antioxidant Activity of Quercetin and Some of Its Derivatives II. *Department of Food*, 31(3), 395-399. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb00512.x
- Martos, F., & Navarro, M. (1997). Concentraciones séricas de cobre y zinc en suero de pacientes con cáncer y enfermedades cardiovasculares. *La ciencia del medio ambiente total*, 204(1), 27-35.

- Mateus, N., DeFreitas, V., Buelga, C. S., Gameiro, P., Nieves, P., Olivera, J., & Faria, A. (2005). Antioxidant Properties of Prepared Blueberry (*Vaccinium myrtillus*) extract. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, *53*(17), 6896–6902. doi:sci-hub.tw/10.1021/jf0511300
- Molyneux, P. (2014). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, *26*(2), 211-219.
- Ormazabal, F. (2014). *Capacidad antioxidante de extractos secos provenientes de berries: maqui (Aristotelia chilensis), murtila (Ugni molinae) y arándano (Vaccinium corymbosum)*. Tesis, Chile.
- Pellati, F., Pio Principe, F., Bruni, R., Guerrini, A., & Rossi, D. (2013). Metabolite profiling of polyphenols in *Vaccinium* berries and determination of their chemopreventive properties. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *89*(2014), 257–267. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2013.11.016
- Perez. (2014). Determinación de fenoles y flavonoides totales en hojas de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron.*, 60-77.
- Perez, G. (2003). Los Flavonoides: Antioxidante o prooxidante. *Rev Cubana Invest Biomed*, *22*(1), 48-57.
- Perucka, I., & Materska, M. (2005). Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annum* L.). *Journal of Agricultura And Chemistry*, *53*, 1750–1756.
- Repo, R., & Enzina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *74*(2), 108-124.

- Restrepo, A., Cortés, M., & Rojano, B. (2010). Potenciación de la capacidad antioxidante. *Revista de la Facultad de química farmacéutica*, 17(2), 135-140.
- Robbers, J., Speedie, M., & Tyler, V. (1996). *Pharmacognosy and Pharmacobiotechnology*. William & Wilkins.
- Rojano , B., Cortes, F., & Zapata , C. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Informacion Tecnica Colombia*, 103-112. doi:10.4067/S0718-07642013000500012
- Ross, J. A., & Kasum, C. M. (2002). Dietario F lavonoides : biodisponibilidad, efectos metabólicos y seguridad. *Anual Review*, 22, 19-34. doi:https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957
- Salas, T. S. (2017). *CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LOS FRUTOS SILVESTRES *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (MACHAMACHA), *Monnina vargassi* Ferreyra (CONDORPAUSAN), *Vaccinium floribundum* Kunth (ALAYBILÍ) y *Rubus roseus* Poir (FRAMBUESA SILVESTRE)*. Tesis de Pregrado , UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS.
- Sarmiento, F. (2018). *TRANSFORMACIÓN DEL CUPAPÉ*. Mexico: SGC-A.
- Slideshare. (12 de 10 de 2013). Obtenido de <https://es.slideshare.net/carlosborras/tcnicas-medicin-abts-dpph-tbars>
- Steenken, S., Neta, P., Huie, R., & Maruthamutu, P. (1989). Solvent Effects in the Reactions of Peroxyf Radicals with Organic Reductants. *Journal of Physical Chemistry*, 93(22), 7654–7659. doi:doi:10.1021/j100359a025
- Trueba , G. (2003). Los flavonoides: Antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomedicas*, 22(1), 48–57.
- UNFILTERED, S. (18 de diciembre de 2017). Obtenido de <https://phenomenex.blog/2017/12/18/que-es-la-hplc/>

- Vásquez, H. D., Vanegas, P., Ordóñez, E., & González, D. (2014). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agronómica*, 11 - 17. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v63n1.31717>
- Velasquez, C., Junior, E., & Isis, K. (2017). *Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (physalis peruviana L. ) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez*. Tesis , Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1593>
- Vendramini, A., & Trugo, A. (2014). Phenolic Compounds in Acerola Fruit (*Malpighia puniceifolia*, L.). *J. Braz. Chem. Soc.*, 15(5), 664-668.
- Waterhouse, A. L. (2006). Fenólicos del vino. *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York*.
- Zdunczyk, Z., Frejnagel, S., Wróblewska, M., Juskiwicz, J., Oszmianski, J., & Estrella, I. (2002). Biological activity of polyphenol extracts from different plant sources. *Food Research International*, 35, 183–186. doi:[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00181-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00181-8)

## ANEXOS

**Anexo 1.** Cálculo de resultados de Flavonoides totales de frutos por tres repeticiones

Frutos	Flavonoides totales (mg-eq catequina/100 g)		Mediana	Desviación estándar
<b>Capachu</b>	R1	872.31	872.0	± 0.31
	R2	872.00		
	R3	871.69		
<b>Huancachu</b>	R1	549.08	549.0	± 0.08
	R2	549.00		
	R3	548.92		
<b>Cheqche</b>	R1	1842.12	1842.0	± 0.12
	R2	1842.00		
	R3	1841.88		
<b>Alaybilí</b>	R1	851.09	851.0	± 0.09
	R2	851.00		
	R3	850.91		

**Anexo 2.** Cálculo de capacidad antioxidante de frutos por tres repeticiones

Frutos	Actividad antioxidante (mg/L)		Mediana	Desviación estándar
<b>Capachu</b>	R1	56.85	55.24	± 1.610
	R2	55.24		
	R3	53.63		
<b>Huancachu</b>	R1	107.08	107.0	± 0.08
	R2	107.00		
	R3	106.92		
<b>Cheqche</b>	R1	33.86	32.2	± 1.66
	R2	32.20		
	R3	30.54		
<b>Alaybilí</b>	R1	71.09	71.0	± 0.09
	R2	71.00		
	R3	70.91		

**Anexo 3.** Cálculo de capacidad pH y Solidos solubles \*Brix de frutos por tres repeticiones

Fruto	pH	$\bar{x}$	Desviación estándar	*Brix	$\bar{x}$	Desviación estándar
<b>Capachu</b>	4.50	4.00	± 0.50	8.50	8.00	± 0.50
	3.50			7.50		
	4.00			8.00		
<b>Huancachu</b>	2.50	2.67	± 0.29	4.50	4.33	± 0.29

	3.00			4.50			
	2.50			4.00			
<b>Cheqche</b>	3.50	3.67	± 0.29	3.50	3.83	± 0.29	
	4.00			4.00			
	3.50			4.00			
<b>Alaybili</b>	3.50	3.17	± 0.29	5.50	5.67	± 0.29	
	3.00			5.50			
	3.00			6.00			

#### Anexo 4. Cálculo de la Humedad de frutos por tres repeticiones

Fruto		PI (Fruto)	PF (Fruto)	Diferencia	x	% Humedad	Media	s
HUA	R1	10.6	2.40	8.20	100	77.39	80.68	± 2.36
	R2	10.1	1.80	8.30	100	82.19		
	R3	10.2	1.98	8.22	100	80.60		
CAP	R1	10.2	2.54	7.66	100	75.06	73.70	± 1.74
	R2	10	2.50	7.50	100	74.98		
	R3	10.5	3.01	7.49	100	71.35		
CHE	R1	10.1	3.10	7.00	100	69.33	67.95	± 1.10
	R2	10.4	3.30	7.10	100	68.27		
	R3	10.4	3.39	7.01	100	67.39		
ALA	R1	10.4	2.19	8.21	100	78.96	78.16	± 1.06
	R2	10.3	2.20	8.10	100	78.65		
	R3	10.6	2.48	8.12	100	76.60		

#### Anexo 5. Cálculo de Acidez de frutos por tres repeticiones

Fruto	N (Na OH)	Ac. citrico C6H8O7	Gasto de (NaOH)	pH neutralidad	Peso de muestra	%	% de Acidez	Media	s
CAP	0.1	0.064	3.2	8.56	5	100	0.41	0.40	± 0.049
	0.1	0.064	3.5	8.71	5	100	0.45		
	0.1	0.064	2.9	8.36	5.3	100	0.35		
HUA	0.1	0.064	1.7	8.38	5.2	100	0.21	0.21	± 0.033
	0.1	0.064	2	8.49	5.2	100	0.25		
	0.1	0.064	1.5	8.41	5.3	100	0.18		
CHE	0.1	0.064	4.6	8.54	5.2	100	0.57	0.58	± 0.021
	0.1	0.064	4.5	8.57	5.1	100	0.56		
	0.1	0.064	4.8	8.38	5.1	100	0.60		
ALA	0.1	0.064	1.6	8.64	5.2	100	0.20	0.22	± 0.027
	0.1	0.064	2	8.92	5.1	100	0.25		
	0.1	0.064	1.8	8.65	5.3	100	0.22		

**Anexo 6.** Cálculo de Índice de madurez de frutos por tres repeticiones

Fruto	°Brix	Acidez	Índice de Madurez	Mediana	Desviación estándar
CAPACHU	8.50	0.41	20.75	20.11	± 1.46
	7.50	0.45	16.74		
	8.00	0.35	22.84		
HUANCACHU	4.50	0.21	21.51	20.62	± 1.46
	4.50	0.25	18.28		
	4.00	0.18	22.08		
CHEQCHE	3.50	0.57	6.18	6.63	± 1.46
	4.00	0.56	7.08		
	4.00	0.60	6.64		
ALAYBILI	5.50	0.20	27.93	25.81	± 1.46
	5.50	0.25	21.91		
	6.00	0.22	27.60		

**Anexo 7.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de flavonoides en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

Tabla ANOVA para flavonoides por Frutos silvestres

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.8431E6	3	947701.	30326432.00	0.0000
Intra grupos	0.25	8	0.03125		
Total (Corr.)	2.8431E6	11			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Flavonoides totales por Fruto**

Método: 95.0 porcentaje LSD

Fruto	Casos	Media	Grupos Homogéneos
HUA	3	549.0	X
ALA	3	851.0	X
CAP	3	872.0	X
CHE	3	1842.0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
-----------	------	------------	-------------



ALA – CAP	*	-21.0	0.332844
ALA – CHE	*	-991.0	0.332844
ALA – HUA	*	302.0	0.332844
CAP – CHE	*	-970.0	0.332844
CAP – HUA	*	323.0	0.332844
CHE – HUA	*	1293.0	0.332844

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 8.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de capacidad antioxidante en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de GI</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	8891.1	3	2963.7	2210.81	0.0000
Intra grupos	10.7244	8	1.34055		
Total (Corr.)	8901.82	11			

**Pruebas de Múltiple Rangos para Capacidad antioxidante (mg/L) por Fruto**

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Fruto</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CHE	3	32010.2	X
CAP	3	55021.24	X
ALA	3	71009.0	X
HUA	3	107002.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
ALA – CAP	*	15.76	2.18
ALA – CHE	*	38.8	2.18
ALA – HUA	*	-36.0	2.18
CAP – CHE	*	23.04	2.18
CAP – HUA	*	-51.76	2.18
CHE – HUA	*	-74.8	2.18

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 9.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de pH en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA).

Tabla ANOVA para pH por Frutos silvestres

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	3.0625	3	1.02083	8.17	0.0081
Intra grupos	1.0	8	0.125		
Total (Corr.)	4.0625	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para DATOS por FRUTOS

Método: 95.0 porcentaje LSD

<b>FRUTOS</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
HUA	3	2.66667	X
ALA	3	3.16667	XX
CHE	3	3.66667	XX
CAP	3	4.0	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
ALA – CAP	*	-0.833333	0.665688
ALA – CHE		-0.5	0.665688
ALA – HUA		0.5	0.665688
CAP – CHE		0.333333	0.665688
CAP – HUA	*	1.333333	0.665688
CHE – HUA	*	1.0	0.665688

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 10.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Humedad °H en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

Tabla ANOVA para Humedad por Frutos silvestres

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	374.741	3	124.914	45.75	0.0000
Intra grupos	32.764	12	2.73033		
Total (Corr.)	407.505	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para DATOS por FRUTOS

Método: 95.0 porcentaje LSD

<b>FRUTOS</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
CHE	4	67.9452	X
CAP	4	73.6973	X
ALA	4	78.1597	X
HUA	4	80.6827	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
ALA – CAP	*	4.4624	2.54574
ALA – CHE	*	10.2146	2.54574
ALA – HUA		-2.52294	2.54574
CAP – CHE	*	5.75215	2.54574
CAP – HUA	*	-6.98535	2.54574
CHE – HUA	*	-12.7375	2.54574

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 11.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Sólidos solubles en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

Tabla ANOVA para Sólidos solubles por Frutos

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	31.2292	3	10.4097	83.28	0.0000
Intra grupos	1.0	8	0.125		
Total (Corr.)	32.2292	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para DATOS por FRUTOS

Método: 95.0 porcentaje LSD

<b>FRUTOS</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
CHE	3	3.83333	X
HUA	3	4.33333	X
ALA	3	5.66667	X
CAP	3	8.0	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
ALA – CAP	*	-2.33333	0.665688
ALA – CHE	*	1.83333	0.665688
ALA – HUA	*	1.33333	0.665688

CAP – CHE	*	4.16667	0.665688
CAP – HUA	*	3.66667	0.665688
CHE – HUA		-0.5	0.665688

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 12.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de acidez de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	0.27007	3	0.0900235	76.75	0.0000
Intra grupos	0.009384	8	0.001173		
Total (Corr.)	0.279454	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para DATOS por FRUTOS

Método: 95.0 porcentaje LSD

<b>FRUTOS</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
HUA	3	0.212172	X
ALA	3	0.221754	X
CAP	3	0.402596	X
CHE	3	0.577738	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
ALA – CAP	*	-0.180842	0.0644859
ALA – CHE	*	-0.355984	0.0644859
ALA – HUA		0.00958176	0.0644859
CAP – CHE	*	-0.175141	0.0644859
CAP – HUA	*	0.190424	0.0644859
CHE – HUA	*	0.365565	0.0644859

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 13.** Análisis de varianza ANOVA y diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher de Índice de Madurez en frutos de capachu (CAP), huancachu (HUA), cheqche (CHE) y alaybili (ALA)

Tabla ANOVA para Índice de Madurez por Frutos

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	603.706	3	201.235	31.61	0.0001

Intra grupos	50.9322	8	6.36653
Total (Corr.)	654.638	11	

Pruebas de Múltiple Rangos para DATOS por FRUTOS

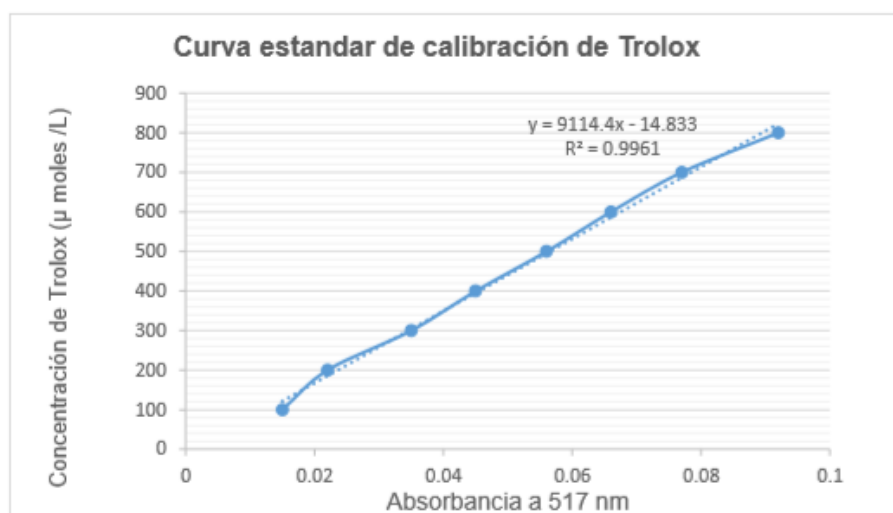
Método: 95.0 porcentaje LSD

<b>FRUTOS</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
CHE	3	6.63333	X
CAP	3	20.11	X
HUA	3	20.6233	X
ALA	3	25.8133	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
ALA - CAP	*	5.70333	4.7508
ALA - CHE	*	19.18	4.7508
ALA - HUA	*	5.19	4.7508
CAP - CHE	*	13.4767	4.7508
CAP - HUA		-0.513333	4.7508
CHE - HUA	*	-13.99	4.7508

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 14.** Gráfica de curva de calibración de Trolox de la capacidad antioxidante de los frutos



**Anexo 15.** Imágenes de frutos estudiados



Fruto Alaybilí lugar de origen en la localidad del Bosque Carcarhuay a nivel de 2 550 a 4080 msnm, ubicado el distrito de Pacucha, Provincia Andahuaylas-Apurimac. **Fotografía propia**



Fruto de Huancachu lugar de origen en la localidad del Bosque de Manchaybamba a nivel de 2 350 a 3800 msnm, ubicado el distrito de Pacucha, Provincia Andahuaylas-Apurimac. **Fotografía propia**



Fruto Capachu lugar de origen en la localidad del Bosque Carcarhuay a nivel de 2 550 a 4080 msnm, ubicado el distrito de Pacucha, Provincia Andahuaylas-Apurimac. **Fotografía propia**





Fruto de Cheqche lugar de origen en la localidad del Bosque de Manchaybamba a nivel de 2 350 a 3800 msnm, ubicado el distrito de Pacucha, Provincia Andahuaylas-Apurimac.

**Anexo 16.** Imágenes de recolección de frutos estudiados



Anexo 17. Imágenes de recolección de frutos estudiados







**imágenes 5:** Fotografías de recolección de muestras de frutos.

### Anexo 18. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>GENERALES</b>					
<p>Cuál es el nivel de flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p>	<p>Determinar el nivel de flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p>	<p>El nivel de flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas presentes es significativo en los frutos de <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p>	Entrada/Independiente		<p>Experimental</p> <p>Experimental (Cuantitativo)</p>
			Salida/ Dependiente		
			<p>Capacidad antioxidante</p> <p>Niveles de flavonoides</p> <p>Propiedades fisicoquímicas</p>	<p>Valores de absorbancia del espectrofotómetro UV-visible.</p>	
<b>ESPECÍFICOS</b>					
<b>DIMENSIONES</b>					
<p>¿Cuál es el nivel de flavonoides presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)?</p> <p>?</p> <p>¿Cuál es el nivel de capacidad antioxidante presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)?</p>	<p>Determinar el nivel de flavonoides presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p> <p>.</p> <p>Determinar el nivel de capacidad antioxidante presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p> <p>.</p>	<p>El nivel de flavonoides es significativo en los frutos de <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p> <p>.</p> <p>El nivel de capacidad antioxidante es significativo en los frutos de <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltld (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p> <p>.</p>	<p>Cantidad de flavonoides</p>	<p>Miligramos equivalentes de catequina por gramo de muestra.</p>	<p>Espectrofotómetro</p>
			<p>Lectura de absorbancia</p>	<p>de</p> <p>miligramos-equivalentes de catequina por gramo de muestra (mg CAT/100g).</p>	<p>Método de DPPH(1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)</p>

i)?	<p>Determinar las propiedades fisicoquímicas presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltl (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p>	<p>Las propiedades fisicoquímicas son significativas presentes en frutos de, <i>Hesperomeles escalloniifolia</i> Schltl (CAPACHU), <i>Berberis cummutata</i> Eichler (HUANCACHU), <i>Berberis humbertiana</i> J.F. Macbr (CHEQCHE) Y <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth (ALAYBILÍ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Humedad</li> <li>- Grados Brix</li> <li>- Acides</li> <li>- Índice de Madurez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenido de H<sup>+</sup></li> <li>- Pi-Pf</li> <li>- B*</li> <li>- Gasto de NaOH</li> <li>- Formula</li> </ul>	<p><b>(AOAC, 1990).</b> (Método 943.02/05) (AOAC 2001) (AOAC 1980) Ac. T. (ATT) (FISCHER 1999)</p>
-----	--	--	---	---	--

## APÉNDICE

Variables	Definición de operaciones		Recolección de datos		
	Indicador	Unidad	Método	Técnica	Instrumento
<b>VARIABLES DE ENTRADA O INDEPENDIENTES</b>					
Frutos nativos	Cheqche	Variedad	Observación	Caracterización	Observación Visual
	Huancachu	Variedad	Observación	Caracterización	Observación Visual
	Capachu	Variedad	Observación	Caracterización	Observación Visual
	Alaybili	Variedad	Observación	Caracterización	Observación Visual
<b>VARIABLES DE SALIDA O DEPENDIENTES</b>					
Flavonoides	Flavonoides totales	mM Eq* catequina/ mL de muestra	Espectrofotometría	Espectrofotométrico	Espectrofotómetro
Capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante totales	mM Eq* trolox/mL de muestra	Espectrofotometría	Espectrofotométrico	Espectrofotómetro
Características físicoquímicas	pH	Log [H*]	Potenciométrico	Potenciometría	Potenciómetro
	H <sup>d</sup>	%	Grabimétrico	Gravimetría	Balanza
	Sólidos Solubles totales	°Brix	Refracción	Refracción	Refractómetro
	Acidez Índice de madurez	% de °Brix / H <sup>d</sup> %	Volumen Calculo	Titulación Medida indirecta	Titulador Ecuación