

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por

Br. OLGA CONDOR AQUISE.

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE SAUCO (*Sambucus peruviana* L.) RECOLECTADOS EN DIFERENTES ALTITUDES DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – APURIMAC.

Asesor:

Ing. Mg. DENIS HERNÁN GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERU

2019



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, **Olga Condor Aquis** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del fruto de sauco (*Sambucus peruviana* L.) recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac** para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial

Andahuaylas, 25 de Diciembre del 2019

Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
Asesor

Bach. Olga Condor Aquis
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA 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 miércoles 18 de diciembre del año 2019, se reunieron los docentes: Dr. Florentino Lázaro Mendoza Marín, Ing. Juvenal Rivas Leguía, MSc. Abel Isaías Barrial Lujan, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE SAUCO (SAMBUCUS PERUVIANA L.) RECOLECTADOS EN DIFERENTES ALTITUDES DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC", cuya autora es la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial OLGA CONDOR AQUISE, el asesor Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez 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: APROBAR por UNANIMIDAD a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial OLGA CONDOR AQUISE, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Values: 15, QUINCE, BUENO.

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

Handwritten signature of Dr. Florentino Lázaro Mendoza Marín

Dr. Florentino Lázaro Mendoza Marín
Presidente del Jurado Evaluador

Handwritten signature of Ing. Juvenal Rivas Leguía

Ing. Juvenal Rivas Leguía
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Handwritten signature of MSc. Abel Isaías Barrial Lujan

MSc. Abel Isaías Barrial Lujan
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS "COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE SAUCO (*SAMBUCUS PERUVIANA* L.) RECOLECTADOS EN DIFERENTES ALTITUDES DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – APURÍMAC", para optar el título profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, ha sido evaluado por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Ph.D. Florentino Lázaro Mendoza Marín

PRIMER MIEMBRO: Ing. Juvenal Rivas Leguía

SEGUNDO MIEMBRO: MSc. Abel Isaias Barrial Lujan

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la Ciudad de Talavera el día 18 del mes de diciembre del 2019

Andahuaylas, 30 de diciembre del 2019

Atentamente:

Ph.D. Florentino Lázaro Mendoza Marín
Presidente Jurado Evaluador

Ing. Juvenal Rivas Leguía
Primer Miembro Jurado Evaluador

MSc. Abel Isaias Barrial Lujan
Segundo Miembro Jurado Evaluador



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, OLGA CONDOR AQUISE identificado (a) con DNI N° 46531265 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Declaro bajo juramento que el Proyecto Titulado: **COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE SAUCO (*Sambucus peruviana* L.) RECOLECTADOS EN DIFERENTES ALTITUDES DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS - APURIMAC.**

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor (es) del proyecto, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

Andahuaylas, 25 de diciembre del 2019

Firma
N° DNI: 46531265
E-mail: olga_ca_1307@hotmail.com
N° Celular: 951160269

Dedicatoria

A DIOS

Por guiar mi camino, por darme fortaleza y salud para seguir adelante con mis objetivos y sueños.

A MIS PADRES

Elena Aquisé P. y José Antonio Condor Q. porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su comprensión, cariño, y apoyo incondicional en cada paso de mi vida, por haberme formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, todo lo que soy es gracias a ellos.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS

Herlinda, Lourdes, Nélide, Hilda, Reyna Isabel, Wilber, Lino Sócrates y José Antonio por qué siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amor.

Olga C. A.

Agradecimiento

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional José María Arguedas por haberme acogido en sus aulas prestigiosas durante mi vida universitaria.

Un agradecimiento especial a mí asesor Ing. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, por su apoyo constante y desinteresado, por sus enseñanzas y disposiciones en la conducción del desarrollo de este trabajo de investigación.

A los jurados PhD. Florentino Lázaro Mendoza Marín, Ing. Juvenal Rivas Leguía y Msc. Abel Isaías Barrial Lujan, por formar parte de esta investigación, por su dedicación y por el soporte cognitivo aportado.

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, por sus conocimientos y experiencias compartidos durante mi vida universitaria.

Agradezco a todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que esta investigación pudiera llevarse a cabo.

Índice

Agradecimiento	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xiii
Abreviaturas	xiv
Símbolos	xv
Resumen	xvi
Abstract.....	xvii
Chumasqa	xviii
INTRODUCCION	xix
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problema general	1
1.2. Problema específico	1
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	2
CAPÍTULO III: MARCO TEORICO	6
3.1. Bases teóricas	6
3.1.1. Sauco (<i>Sambucus peruviana L.</i>).....	6
3.1.1.1. Clasificación taxonómica	6
3.1.1.2. Fenología del sauco	7
3.1.1.3. Composición nutricional del sauco	7
3.1.1.4. Morfología del sauco	9
3.1.1.5. Producción y rendimiento	10
3.1.1.6. Comercialización del sauco	11
3.1.1.7. Recomendaciones para el establecimiento y silvicultura del sauco ..	12
3.1.1.8. Condiciones Agroecológicas del sauco	12
3.1.2. Compuestos bioactivos.....	13

3.1.2.1. Compuestos bioactivos en los alimentos	13
3.1.3. Compuestos fenólicos totales	14
3.1.3.1. Importancia de los compuestos fenólicos	15
3.1.3.2. Compuestos fenólicos del sauco	15
3.1.4. Vitamina C (ácido ascórbico)	16
3.1.4.1. Estabilidad de la vitamina C	17
3.1.5. Capacidad antioxidante	17
3.1.5.1. Actividad antioxidante de frutas	17
3.1.5.2. Actividad antioxidante del sauco.....	18
3.1.5.3. Actividad antioxidante y compuestos fenólicos del sauco	19
CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	20
4.1. Lugar de ejecución	20
4.2. Material de estudio	20
4.2.1. Población y muestra	20
4.2.1.1. Universo y/o población	20
4.2.1.2. Muestra... ..	20
4.2.2. Unidad de análisis	20
4.3. Equipos, instrumentos, materiales, reactivos e insumos	20
4.4. Metodología experimental	22
4.5.1. Análisis de los compuestos fenólicos del fruto de sauco	24
4.5.2. Análisis de vitamina C del fruto de sauco	26
4.5.3. Análisis de la capacidad antioxidante del fruto de sauco	27
4.6.1. Análisis estadístico	29
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	32
5.1. Resultados obtenidos de los compuestos fenólicos totales	32
5.2. Resultados obtenidos de la vitamina C	34
5.3. Resultados obtenidos de La capacidad antioxidante	35
CAPÍTULO VI: DISCUSIONES	38

6.1. Compuestos fenólicos totales.....	38
6.2. Vitamina C	38
6.3. Capacidad antioxidante.....	39
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	42
ANEXO	48

Índice de tablas

Tabla 1. Composición nutricional del sauco.	7
Tabla 2. Equipos.....	21
Tabla 3. Materiales.	21
Tabla 4. Reactivos.....	22
Tabla 5. Material vegetal.	22
Tabla 6. Matriz de diseño experimental del DCA	29
Tabla 7. Muestra los resultados del contenido de CFT del fruto de sauco.	32
Tabla 8. ANOVA para compuestos fenólicos totales.....	33
Tabla 9. Muestra los resultados del contenido de VC en el fruto de sauco.....	34
Tabla 10. ANOVA para la vitamina C	34
Tabla 11. LSD para la vitamina C	35
Tabla 12. Resultado de la CA de los frutos de sauco.	36
Tabla 13. ANOVA para capacidad antioxidante.	36
Tabla 14. LSD para capacidad antioxidante.....	37

Índice de figuras

Figura 1. Estructura del fenol	15
Figura 2. Diagrama de flujo para el acondicionamiento de los frutos de sauco.	23
Figura 3. Comparación de medias de vitamina C con LSD Fisher.	33
Figura 4. Comparación de medias de vitamina C con LSD Fisher.	35
Figura 5. Comparación de medias de capacidad antioxidante con LSD Fisher.	37

Índice de anexos

Anexo 1. Resultados de los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco.	48
Anexo 2. Resultados de la vitamina C en el fruto de sauco.	49
Anexo 3. Resultados de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco.	50
Anexo 5. Análisis de varianza ANOVA diagrama de dispersión de la vitamina C en el fruto de sauco.	51
Anexo 6. Análisis de varianza ANOVA diagrama de dispersión de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco.	53
Anexo 7. Matriz de consistencia	54
Anexo 8. Recolección del fruto de sauco cultivadas en cercos de terrenos.	55
Anexo 9. Análisis de laboratorio de compuestos fenólicos totales, vitamina C y capacidad antioxidante en el fruto de sauco el análisis se llevó en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.	56
Anexo 10. Imágenes de la parte experimental de la capacidad antioxidante en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	58
Anexo 11. Imágenes de la parte experimental de la vitamina C en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.	58

Abreviaturas

Abs	: Absorbancia
AGE	: Acido gálico equivalente
ANOVA	: Análisis de varianza
CA	: Capacidad Antioxidante
CFT	: Compuestos Fenólicos Totales
DCA	: Diseño completamente al azar
DPPH	: Radical libre 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo
ε	: Error de estimación
Eq	: Equivalente
FRAP	: Capacidad antioxidante total del plasma
MS.N.M	: Metros sobre el nivel del mar
Meq	: mili equivalente
RPM	: Revoluciones por minuto
Trolox	: Ácido-6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico
VC	: Vitamina C

Símbolos

C°	: grados Celsius
g	: gramos
kg	: kilogramo
mg	: miligramo
mL	: mililitros
mm	: milímetros
μmol	: micromol
μg	: microgramos
%	: porcentaje
N	: normalidad
μL	: microlitro
UV	: Ultra Violeta
pH	: Potencial de Hidrogeniones

Resumen

En la actualidad la mayoría de los consumidores prefieren productos industrializados con contenidos de compuestos bioactivos procedentes de frutas y vegetales, así mismo, el interés por los antioxidantes vienen aumentando cada año ya que cumplen una función importante en la prevención de la salud. En la presente investigación, se determinó los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante del fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) recolectadas en las diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas, así como la evaluación de la concentración de los compuestos fenólicos totales, vitamina C y capacidad antioxidante, si muestra una variación significativamente en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes. Las siguientes muestras se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, utilizando diferentes formas de metodologías como el método de folin-ciocalteu para los compuestos fenólicos, reportando los siguientes resultados: 348.51 ± 16.3 EQ-Ac. Gálico mg/100 g del fruto de sauco (Pacucha a 3125 m s.n.m.), 340.17 ± 9.51 EQ-Ac. Gálico mg/100 g del fruto de sauco (Andahuaylas a 2926 m s.n.m.) y 334.76 ± 2.13 EQ-Ac. Gálico mg/100 g del fruto de sauco (Posoccoy a 2824 m s.n.m.) La vitamina C se realizó por cromatografía HPLC mostrando los siguientes resultados: 3.80 ± 0.34 mg/100 g de fruto de sauco (Pacucha a 3125 m s.n.m.), 3.29 ± 0.15 mg/100 g de fruto de sauco (Andahuaylas a 2,926 m s.n.m.) y 1.75 ± 0.16 mg/100 g de fruto de sauco (Posoccoy a 2824 m s.n.m.) Por último la capacidad antioxidante de realizó con el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) reportando los siguientes resultados: 1.0385 ± 0.09 Trolox CI50 g/100 g del fruto de sauco (Pacucha a 3125 m s.n.m.), 1.1078 ± 0.05 Trolox CI50 g/100 g del fruto de sauco (Andahuaylas a 2926 m s.n.m.) Y 1.7142 ± 0.04 Trolox CI50 g/100 g del fruto de sauco (Posoccoy a 2824 m s.n.m.). Empleando el análisis de varianza ANOVA para los compuestos fenólicos totales no se encontró ninguna diferencia significativa estadísticamente sin embargo la vitamina C y la capacidad antioxidante presentaron diferencias estadísticamente.

PALABRAS CLAVE: Fenoles totales, vitamina C, capacidad antioxidante.

Abstract

At present, most consumers prefer industrialized products with content of bioactive compounds from fruits and vegetables, likewise, interest in antioxidants has been increasing every year since they play an important role in health prevention. Therefore, in the present investigation, the bioactive compounds (total phenolic compounds, vitamin C) and antioxidant capacity of the elderberry fruit (*Sambucus peruviana* L.) collected at the different altitudes of the Andahuaylas province were determined, as well as the evaluation of the concentration of total phenolic compounds, vitamin C and antioxidant capacity, if it shows a significant variation in the elderberry fruit (*Sambucus peruviana* L.) at different altitudes. The following samples were made in the laboratory of the National University San Antonio Abad del Cusco, using different forms of methodologies such as the folin-ciocalteu method for phenolic compounds, reporting the following results: 348.51 ± 16.3 EQ-Ac. Gallic mg / 100 g of elderberry fruit (Pacucha at 3125 m s.n.m.), 340.17 ± 9.51 EQ-Ac. Gallic mg / 100 g of elderberry fruit (Andahuaylas at 2926 m s.n.m.) and 334.76 ± 2.13 EQ-Ac. Gallic mg / 100 g of elderberry fruit (Posoccoy at 2824 m s.n.m) Vitamin C was obtained by HPLC chromatography showing the following results: 3.80 ± 0.34 mg / 100 g of elderberry fruit (Pacucha at 3125 m s.n.m), 3.29 ± 0.15 mg / 100 g of elderberry fruit (Andahuaylas at 2,926 m s.n.m) and 1.75 ± 0.16 mg / 100 g of elderberry fruit (Posoccoy at 2824 m s.n.m) Finally, the antioxidant capacity was carried out with the DPPH method (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) reporting the following results: 1.0385 ± 0.09 Trolox CI50 g / 100 g of elderberry fruit (Pacucha at 3125 m s.n.m), 1.1078 ± 0.05 Trolox CI50 g / 100 g of elderberry fruit (Andahuaylas at 2926 m s.n.m) and 1.7142 ± 0.04 Trolox CI50 g / 100 g of elderberry fruit (Posoccoy at 2824 m s.n.m). Using the ANOVA analysis of variance for total phenolic compounds, no statistically significant difference was found, however, vitamin C and antioxidant capacity showed statistically different differences.

KEY WORDS: Total phenols, vitamin, antioxidant capacity.

Chumasqa

Kunan pachakunapim yaqa llapan runa mikuqkuna aswanta munanku maquinapa tikraspan rurasqan mikuykunata, chay bioactivosnisqayuqta miski ruru chaynataq sachá yurakunamanta hamuqta, arí chaynama sapa wata yuyaymanariy yapakuchkan antioxidantesnisqamanta ichaqa kaymi ancha allin kasqanta hatun rurayninpi allin qali kawsay waqaychanapaq. Chaynaqa kay yachay taqwiri y qatipaymi, qawachispa riqsichin huñusqa bioactivosnisqata (huñusqa fenólicos totalesnisqa, vitamina C nisqatawan) hinaspa sawkupa (*Sambucus peruviana* L.) rurun atipaq kallpayuq antioxidantesnisqa kasqanta, kaymi huñumusqa karqa tukuy lawmanta Antawayllas llaqtapi, chaynataq imakaqta tupuspa chay chuyma huñuyninta fenólicos totalesnisqa, vitamina C nisqatawan hinaspa atipaq kallpayuq antioxidantesnisqa kasqanta, Ari qawakun hukniraq kaq sawku (*Sambucus peruviana* L.) rurunpi, achka lawpi huqarikusqanmanhina. Kay akllasqa chuyma qatipay rurasqa karqa laboratorionisqa chay hatun tiqsi yachay wasi Universidad Nacional San Antonio abad del cusco, chaypaqmi hapikurqa achkaniraq yachaypi puririyta, chay yachay folin-ciocalteunisqa huñuchasqa fenólicosnisqapaq, llusqsimurqa chuyma riqsichikuynin kaykuna: 348.51 ± 16.3 EQ-Ac. Gálico mg/100 g sawkupa rurunmanta (Pacucha kaq 3125 ms.n.m.), 340.17 ± 9.51 EQ-Ac. Gálico mg/100 g sawkupa rurunmanta (Andahuaylas kaq 2926 ms.n.m.) hinaspa 334.76 ± 2.13 EQ-Ac. Gálico mg/100 g sawkupa rurunmanta (Posoccoy kaq 2824 ms.n.m.). Chay vitamina C nisqamanta rurakurqa cromatografía HPLC nisqawan riqsichimurqa qatipaypi: 3.80 ± 0.34 mg/100 g sawkupa rurunmanta (Pacucha kaq 3125 m s.n.m.), 3.29 ± 0.15 mg/100 g sawkupa rurunmanta (Andahuaylas kaq 2,926 m s.n.m.) Hinaspa 1.75 ± 0.16 mg/100 g sawkupa rurunmanta (Posoccoy kaq 2824 m s.n.m.) tukuy ninpi atipaq kallpayuq antioxidantesnisqamanta rurakurqa yachaypi chay método nisqa DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) kay chuymakunatam riqsichikamurqa: 1.0385 ± 0.09 Trolox CI50 g/100 g sawkupa rurunmanta (Pacucha kaq 3125 m s.n.m.), 1.1078 ± 0.05 Trolox CI50 g/100 g sawkupa rurunmanta (Andahuaylas kaq 2926 m s.n.m.) hinaspa 1.7142 ± 0.04 Trolox CI50 g/100 g sawkupa rurunmanta (2824 m s.n.m.). Qatipay rurasqa kananpaq hapikurqa chay varianza ANOVAnisqata, chay huñukuna fenólicos totalesnisqapi mana tarikurqachu hukmanniraq kaq yupaykunapi, ichaqa chay vitamina C nisqa hinaspa atipaq kallpayuq antioxidantesnisqapi qawachikurqa hukniraqta yupayninpi.

Pisi rimayllapi riqsichiy simi: Fenoles totalesnisqa, vitamina C nisqa, atipaq kallpayuq antioxidantesnisq

INTRODUCCION

El sauco (*Sambucus peruviana L.*), es una planta originaria del Perú y regiones adyacentes. Es una de las tantas especies que no son debidamente aprovechadas, dicho fruto tiene un sabor agradable que se puede consumir en estado fresco; debido a que estos frutos son bastante lábiles al manipuleo post cosecha y son altamente perecibles, por lo que, el transporte y la comercialización, se hacen difíciles generándose así una pérdida económica.

En la actualidad se ha hecho presente, cada vez con mayor intensidad, el área de interacción de alimentos – salud, conocida como la de los alimentos funcionales, acepta el papel de los componentes alimenticios con elementos importantes para el mantenimiento de la vida, que contribuyen a prevenir o retardar las enfermedades crónicas. El cáncer y las enfermedades cardiovasculares son las principales causas de muertes, numerosas investigaciones epidemiológicas y estudios experimentales han demostrado que el aumento con el consumo de frutas y legumbres ayuda en la prevención de muertes por estas enfermedades. Los efectos beneficiosos de los alimentos vegetales se atribuyen principalmente a sustancias con actividad antioxidante como los compuestos fenólicos, el ácido ascórbico (vitamina C), los carotenoides y vitamina E. (Dávila, 2003)

Los antioxidantes poli fenólicos se encuentran comúnmente en vegetales, pero sus concentraciones son más altas en las frutas, en busca de nuevas fuentes principalmente de antioxidantes y poli fenoles en que evaluamos el sauco (*Sambucus peruviana L.*) de la cual se tiene poco conocimiento respecto a sus propiedades antioxidantes. Se estudia este fruto con la intención de conocer el potencial beneficioso para la salud evaluando la actividad antioxidante y contenido de poli fenoles totales de acuerdo al lugar de procedencia (diferentes altitudes).

El objetivo general de esta investigación es determinar los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante en el fruto de sauco (*sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas – Apurímac.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los diversos pisos ecológicos de nuestro Perú se desarrollan grandes cantidades de especies alimenticias que son desaprovechadas, muchas de estas especies con potencialidades agroindustriales de gran importancia en la agro exportación no tradicional. La Región de Apurímac - Andahuaylas es también productora de sauco (*Sambucus peruviana L.*), una planta muy rústica, que en los últimos años ha cobrado importancia en la agricultura de nuestra Región debido a las posibilidades industriales que posee. Este aumento productivo responde a los trabajos realizados durante décadas por investigadores preocupados en valorar productos “desconocidos”, como es el caso del sauco.

Debido al incremento en la demanda de consumo de alimentos naturales que tengan beneficios para la salud se determinan los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del fruto de sauco. Los alimentos con capacidad antioxidante son las que más demandan en la actualidad ya que, la mayor parte de los consumidores buscan consumir alimentos naturales y que generen algún beneficio para la salud.

1.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante del fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac?

1.2. Problema específico

¿Cuál es la concentración de los compuestos fenólicos totales del fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*), a diferentes altitudes en la provincia de Andahuaylas - Apurímac?

¿Cuál es la concentración de vitamina C del fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*), recolectados a diferentes altitudes en la provincia de Andahuaylas - Apurímac?

¿Cuál es la capacidad antioxidante del fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) recolectados a diferentes altitudes en la provincia de Andahuaylas – Apurímac?

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

Internacional

Franco, Contreras, Carranza y Carranza (2017), indican en su estudio de contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de uvas no nativas para vino cultivadas en Zacatecas, México. Señala que, las variedades de uva adaptadas a las condiciones climáticas de la ciudad de Zacatecas mostraron valores similares o incluso mayores en TPC y AC que los publicados por otros autores en uvas de otros países. El contenido de fenoles totales fue significativamente mayor en las variedades Rubired de color rojo y en las blancas de Furmint. Entre todas las muestras, las variedades de uva roja, en especial Petite Syrah y Rubired, tuvieron potencial antioxidante mayor, asociado a su contenido mayor de compuestos bioactivos. La actividad antioxidante mostró buena correlación con TPC. Las variedades de uva analizadas representan una opción adecuada para el cultivo de uvas para vino en Zacatecas. Esto ayudaría a diversificar los tipos de vinos producidos en ese estado.

Nacional

Jorge y Segura (2011), señalan que utilizaron los frutos de sauco proveniente de la zona de Tarma (Huaracayo a 2800 m.s.n.m.); muestra 1 y Huancayo (Chupaca a 3352 m.s.n.m.); muestra 2. Estos frutos fueron secados a 40 °C de temperatura durante 48 horas para luego ser molidos a 0.2 mm obteniendo el polvo concentrado para evaluar la actividad antioxidante y poli fenoles de la fruta de sauco para la evaluación de poli fenoles totales se siguió el método del Folin-Ciocalteu obteniéndose 69.13 mg de ácido gálico/100 g para la muestra 1 y 699.4613 mg de ácido gálico/100 g para la muestra 2. No presentan diferencia significativa ($p > 0.05$) para evaluar la capacidad antioxidante se utilizó el método del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) obteniendo como resultado 44.19 % de inhibición de radicales libres para la muestra 1 y 45.65 % de inhibición de radicales libres para la muestra 2 existiendo diferencia significativa, siéndola muestra 2 la que presenta mayor actividad antioxidante ($p < 0.05$).

Aparca y Villarreal (2014) indican en su estudio de capacidad antioxidante de estratos de aguaymanto de diferentes lugares del Perú (Ancash, Junín, Cajamarca y Huanuco) utilizando el método de folin-ciocalteu, DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) y ABTS (ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico). El fruto procedente de Huánuco presentó mayor contenido de compuestos fenólicos expresados como $149,3 \pm 1,62$ mg/Eq de

ácido gálico/100 g de fruto por el método de Folin-Ciocalteu. Asimismo, se obtuvo mayor capacidad antioxidante determinado por el método del DPPH obteniendo como concentración inhibitoria IC₅₀ 1,86 mg/mL y por el método del ABTS obteniendo como concentración inhibitoria IC₅₀ 1,29 mg/mL. La comparación de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS, demostraron que existe una relación directa en ambos. El fruto proveniente de Huánuco presentó mayor capacidad antioxidante comparado con los frutos provenientes de Junín, Cajamarca y Ancash; por lo que resultaría una buena fuente de consumo en beneficio para la salud.

Lovera (2006) indica lo siguiente en su estudio de análisis comparativo de las propiedades físicas y químicas del fruto de sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.) evaluadas en dos rangos altitudinales en la parte alta de la cuenca del río Llaucano. Que el comportamiento principal de propiedades físicas (peso de racimo y baya; desprendimiento y humedad) y químicas (pH, sólidos solubles y cenizas) del fruto de sauco en función de los factores: rango; rango altitudinal cosecha y clase diamétrica, así mismo, la cosecha clasificada por rango altitudinal. El área de estudio se encuentra en una zona clasificada como Bosque muy húmedo Montano Tropical, ubicada entre las coordenadas UTM: 9'246,770 - 9'240,837 Norte y 768,517 -776,484 Este, y rango altitudinal entre [3000 a 3600 m.s.n.m.>, parte alta de la cuenca del río Llaucano, departamento y provincia de Cajamarca. Se recolectaron 3-4 racimos maduros por árbol, durante el período de fructificación de enero a marzo; se realizaron, durante este periodo, 3 cosechas. Los resultados del análisis estadístico (t suden y Ji-cuadrado), demostraron que las todas propiedades físicas y químicas del fruto, excepto la humedad, fueron afectadas por la altitud. El período de la cosecha, dentro de los dos rangos altitudinales, influyó significativamente en las propiedades físicas y químicas excepto en el peso por baya; además la clase diamétrica solamente afectó significativamente el peso por baya y el desprendimiento de bayas. Los valores promedios obtenidos para las variables de estudio fueron: peso por racimo 114,65 g; peso por baya 0,54 g; humedad 91.18 %; pH 3,18; sólidos solubles 5,93 0; cenizas 0,68 %. Las propiedades física y químicas del fruto de sauco presentaron un mejor comportamiento en su desarrollo a menor altitud 3000 a 3300 m.s.n.m.>.

Jurado (2016) menciona en su estudio de contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de frutos de aguaymanto recolectados en diferentes lugares del Perú tuvo como objetivos valorar y comparar el contenido de poli fenoles totales por el método de folin-ciocalteu y la capacidad antioxidante del fruto de *Physalis peruviana* provenientes de Huánuco, Junín, Ancash y Cajamarca, por el método de DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo). El fruto procedente de Huánuco presento mayor contenido de compuestos fenólicos expresados como $149,3 \pm 1,62$ mg mg/Eq de ácido gálico/100 g de fruto. Así mismo mayor capacidad antioxidante obteniendo como concentración 1,86 inhibición IC mg/ml comparado con los frutos provenientes de Junín, Áncash y Cajamarca; por lo que resultaría una buena fuente para la elaboración de diversos productos alimenticios benéficos para la salud.

Antecedente Local

Salas (2017), en su investigación de la 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). Señala que el nivel de la capacidad antioxidante de los diferentes frutos en estudio. Los siguientes resultados que están expresados como $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox} / 100 \text{ g fruto fresco}$. El nivel de la capacidad antioxidante mayor le correspondió al fruto de Frambuesa silvestre 25010.87, seguido por Machamacha con 23328.90 luego, Alaybilí con 22902.90 y Condorpausan con menor nivel de capacidad antioxidante 21924.65 ($\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox} / 100 \text{ g Frutos silvestres Capacidad antioxidante } (\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox} / 100 \text{ g fruto fresco})$ Machamacha 23328.90 ± 43.33 Condorpausan 21924.65 ± 54.27 Alaybilí 22902.90 ± 55.88 Frambuesa silvestre 25010.87 ± 57.01 60 fruto fresco). Para el contenido de fenoles reporta lo siguiente | contenido de Fenoles Totales de los cuatro frutos silvestres en estudio., los resultados están expresados en (mg de ácido gálico equivalente (AGE) /100 g fruto fresco). El contenido total de fenol mayor le correspondió al fruto de Frambuesa silvestre 5370.42, seguido por Machamacha con 5187.77 y los frutos de Alaybilí 4817.80 y Condorpausan 4707.21 (mg AGE /100 g fruto fresco) se vieron con menor cantidad de Fenoles Totales

Ancco (2019), en su investigación Caracterización de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en los frutos silvestres de *Citharexylum dentatum* D. Don (Yanali) y *Hesperomeles escalloniifolia* Schltidl (Capachu). Señala el contenido total de fenólicos en mayor correspondió al fruto silvestre Yanali 3.45 (EQ - Ac. Gálico g/ 100 g) y menor corresponde al fruto silvestre de Capachu 2.25 (EQ - Ac. Gálico g/ 100g). Y la capacidad antioxidante mayor le correspondió al fruto de Capachu 143.602 (Trolox CI50 mg/g) literalmente y en menor el fruto de Yanali 80.219 (Trolox CI50 mg/g) literalmente.

CAPÍTULO III: MARCO TEORICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. Sauco (*Sambucus peruviana* L.)

El sauco es una especie nativa del Perú y se halla distribuida en todos los andes peruanos; se cultiva usualmente en los cercos o márgenes de chacras cerca de viviendas en zonas comprendidas entre 2800 a 3900 m s.n.m. Se encuentra principalmente en los Departamentos de Ancash, Lima, Junín, Cuzco, Arequipa y Cajamarca. No hay referencias sobre su cultivo en otros Países, sin embargo, se sabe que crece en Bolivia y Norte de Argentina (Brack, 2002). En el Perú, el sauco tiene un amplio rango altitudinal, desde los 2 800 hasta los 3 900 m s.n.m., según la zona del país, pero el óptimo esta entre 3 200 y los 3 800 m s.n.m., encontrándose en los valles de las regiones de Ancash, Lima, Huánuco, Junín, Huancavelica, Cusco y Apurímac (Blanco, 2005).

3.1.1.1. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Dipsacales

Familia: Caprifoliaceae

Género: Sambucus

Especie: *Sambucus peruviana* L.

Según Brack (1999).

Brack (1999), clasifica de la siguiente manera: Los nombres varían de acuerdo a las zonas donde se distribuye esta especie como son: “sauco” (Andahuaylas, Bolivia y Colombia), “rayan” (cusco), “uvas de la sierra”, “uvilla del diablo” (Áncash), “layan”, “pintura de novia” (San Jerónimo), “ccolaccola”, “kjola” (Aymara), “sauco blanco”, “tilo” (Ecuador); entre otros nombres populares están: sabuco, caniller, ramrash, guinda, koola y láyame.

3.1.1.2. Fenología del sauco

Lumba (2012), citado por Cahuana (1991) dice que la floración se inicia a fines del mes de noviembre e inicios de diciembre, variando según las condiciones climáticas y el piso altitudinal en el que se desarrolla; después se desarrolla la fecundación, las bayas de sauco comienzan a crecer, alcanzando su mayor tamaño afines del mes de enero e inicios del mes de febrero.

En el Perú, el periodo de fructificación se da en forma escalonada durante todo el año, dependiendo de la zona y suministro, en Cajamarca la fructificación se presenta dos veces al año durante los meses de enero a marzo y julio a agosto (MINAG, 2009).

Lumba (2012), citado por Galindo (2003), dice que la maduración de los frutos varía de acuerdo a los pisos altitudinales, se inicia entre enero y febrero y en febrero en pisos altitudinales menores a 2800 a 3500 m.s.n.m. el inicio se presenta marzo a mayo; en altitudes mayores a 3500 ms.n.m los frutos no logran madurar provocando la caída y fracaso de la fructificación.

3.1.1.3. Composición nutricional del sauco

En la tabla 1 se observa la composición nutricional del fruto de sauco como nutrientes, minerales, vitaminas y lípidos.

Tabla 1. Composición nutricional del sauco.

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g
Generales		
Agua	G	79.8
Energía	Kcal	73
Proteína	G	0.66
Lipídico total (grasa)	G	0.5
Hidratos de carbono, por diferencia	G	18.4
La fibra, dietética total	G	7
Minerales		
Calcio, Ca	Mg	38

Hierro, Fe	Mg	1.6
El magnesio, Mg	Mg	5
El fósforo, P	Mg	39
Potasio, K	Mg	280
Sodio, Na	Mg	6
Zinc, Zn	Mg	0.11

Vitaminas

La vitamina C, ácido ascórbico total	Mg	36
Tiamina	Mg	0.07
Riboflavina	Mg	0.06
Niacina	Mg	0.5
La vitamina B-6	Mg	0.23
El folato, DFE	G	6
La vitamina B-12	G	0
La vitamina A, RAE	G	30
Vitamina A, IU	IU	600

Lípidos

Ácidos grasos saturados totales	G	0.023
Ácidos grasos, monoinsaturados totales	G	0.08
Ácidos grasos, poliinsaturados totales	G	0.247
Colesterol	Mg	0

Fuente: Romera (2002).

3.1.1.4. Morfología del sauco

Raíz: El sistema radicular es abundante y profundo, permitiéndole así un gran poder de fijación del suelo (Romera, 2002).

Tallo: Es un árbol mediano regularmente de 3 a 6 m de altura, sin embargo en buenas condiciones puede llegar a 12 m de altura, es de tronco grueso, en su corteza crecen ramas jóvenes de color verde, que al madurar se vuelven ásperas, su copa es abierta, con una ramificación que se inicia desde la base, sus tallos tiernos son pocos resistentes, debido a una médula bien desarrollada y esponjosa, a medida que la planta envejece la corteza se endurece y se torna de color pardo y rugosa (Aguilar, 2004).

Hojas: Alternas y compuestas, de 4 a 13 foliolos oblongos, imparipennadas, bordes aserrados. Los foliolos tienen una longitud de 10 a 20 cm. Por 6 a 8 cm de ancho, ovados u ovado-oblongos, agudos o acuminados, serrados en el borde, glabrescentes en el haz. Nervaduras primarias y secundarias bien marcadas, de color verde claro en ambas caras; peciolo algo pubescente de 4 a 8 mm de longitud, también se observa pilosidad en las hojas tiernas. Son compuestas de 7 a 9 foliolos de color verde claro, de borde aserrado, de 10 a 12 cm de longitud y 6 a 8 cm de ancho con el ápice agudo (Aguilar, 2004).

Inflorescencia: Las flores pequeñas, blancas y reunidas en racimos en el extremo de las ramas. La flor individual es de 4 a 5 mm de diámetro y corola de color blanco formado de 6 pétalos, con 6 estambres blanquizcos, el guineo termina en un estigma globuloso; flores hermafroditas y agrupadas en racimos bastante voluminosos, peciolo corto (Aguilar, 2004).

Inflorescencia en cimas umbelíferas terminales de 15 cm o más de longitud, portando numeras flores; las flores son actinomorfas, aproximadamente de 8 a 10 mm de diámetro, cáliz verde gamosépalo, corola con 5 – 6 pétalos de color blanco y de color fuerte, son hermafroditas, pistilo con ovario súpero globoso, estilo corto separado; estigma capitado y carnoso de 2 a 5 carpelos, óvulos en número variables (Rosales, 2005).

Fruto: El fruto del sauco es redondo, con un color inicial verde, que conforme va madurando cambia a un color rojinegro, y se desarrolla en racimos, similares al de uva, llegando a pesar de 170 a 400 gramos cada racimo; son de olor agradable y tienen sabor agridulce (Brack, 2002).

Los frutos son unas uvitas de 0.8 a 1 cm de diámetro. De forma esférica, cáscara fina, de color negro violáceo y pulpa verduzca, jugosa y agridulce al madurar, dispuestas como racimos de uvas, cada uno con peso que oscilan entre 180 y 414 g. En algunos lugares se conoce como uvas de sierra, con jugosos agradables tienen generalmente entre 3 a 6 semillas por fruto pequeños (Brack, 2002).

Semilla: Las semillas están en posición central, son muy pequeñas, distribuidas en un promedio de 6 semillas por fruto. Éstas se caracterizan por ser estériles, por lo que no es posible su propagación por semilla (Brack, 2002).

3.1.1.5. Producción y rendimiento

Cosecha: La cosecha de los frutos del sauco se realiza cuando el racimo toma un color pardo negruzco o simplemente de un color negro. Esta operación se realiza con tijera de podar separado de la planta el racimo completo cortando el eje principal cuidadosamente para evitar que los pequeños frutos se separen del racimo. Los racimos se colocan en canastas forradas de papel grueso en 2 a 3 capas para evitar que los frutos se malogren, y se transportan a los mercados de venta o familiares (Palacios, 1997).

La primavera o el otoño son las mejores estaciones para recolectar las flores. Hemos de escoger las hojas de los brotes tiernos también en primavera. La corteza en el otoño y los frutos a final del verano o en el otoño (Romera, 2002).

La floración se produce en primavera hasta el verano, dependiendo de la latitud, y es el momento en que se procede a cortar las hojas e inflorescencia, que deberá realizarse con tijeras (Zamudio, 2002).

Rendimiento: En nuestro medio los cultivos de sauco no manejados tienen un rendimiento aproximado de 8300 kg/ha, en parcelas manejadas hasta 20 000 kg/ha luego de 7 años de plantación (Villegas, 2000)

Producción: Los volúmenes de producción de fruto por hectárea aún son pequeños debido a que es un producto emergente que crece de acuerdo a la asimilación del mercado y a la promoción que este reciba tanto del sector público como del privado. En el Perú, son pocas las regiones que vienen impulsando la agroindustria de este fruto siendo cusco, Andahuaylas y Junín los principales productores de sauco debido al avance en el mercadeo del producto y manejo de la cadena de valor del sauco, con la participación de agricultores organizados y de pequeños procesadores (Brack, 2002).

Empieza a producir a los 3 o 4 años, con un buen manejo de cada árbol puede producir entre 20 a 50 kilogramos de fruto por año, durante varias decenas de años. En los últimos 5 años la producción ha aumentado considerablemente debido a la mayor comercialización de productos derivados de este y a la difusión de uso de diversos productos (Perú Acorde, 2000).

En Cajamarca la producción de sauco se inicia a partir del tercer año y dura aproximadamente 50 años. Las plantas jóvenes pueden producir entre 5 a 10 Kg por año y las plantas antiguas hasta 50 Kg por año. Las principales provincias productoras son: Contumaza, San Miguel, Santa Cruz, Chota, Hualgayoc, Celendín, San Marcos, Cajamarca San Miguel y San Pablo; destinándose el 25 % para elaboración de mermelada, el 65 % para elaborar licores y el 10 % para otros usos (Technoserve, 2004).

3.1.1.6. Comercialización del sauco

La comercialización se hace principalmente como producto tradicional, por lo que es importante normalizar la calidad del producto, los procesos productivos y obtener la certificación: sanitaria, orgánica o ecológica que respalde al producto de tal forma que el consumidor no solo sea persuadido por sus características exóticas e higiénicas, sino también con las características físicas, funcionales y garantía sanitaria del producto.

Debido a su alto nivel de perecibilidad la comercialización de frutos está dirigida casi en su totalidad a la venta a pequeñas y medianas empresas de transformación de alimento (Brack, 2002). Actualmente se ha generado un especial interés por el cultivo de sauco debido a que es muy apreciado en el mercado nacional e internacional, ya que puede ser consumida en forma directa como fruta fresca o procesada en diversos derivados como mermeladas, jaleas, bebidas tipo vino, jugos, fruta seca, etc. Cabe mencionar también que es rica en vitamina C y complejo B; además se le atribuyen propiedades medicinales (Aguilar, 2004).

La comercialización de los productos transformados de sauco ha generado el desarrollo de una cadena productiva que presenta una serie de eslabones enfocados básicamente en la transformación de mermeladas néctares y vinos, los cuales son influenciados por la oferta y demanda del mercado. Actualmente la oferta de sauco es insuficiente para cubrir el mercado nacional conformado por empresas agroindustriales que están en un constante crecimiento. A pesar de que la línea de industrias de frutos andinos es reciente, la demanda de estos no puede ser cubierta debido a la escasa producción dejando así una demanda insatisfecha que detallamos a continuación (Pardo del Pino, 2002).

3.1.1.7. Recomendaciones para el establecimiento y silvicultura del sauco

El establecimiento del sauco preferentemente se realiza antes de la estación de lluvias, debido a que la planta quiere buenos niveles de humedad durante los primeros 4 ó 5 meses, luego de estar puesta en el terreno definitivamente (Reynel y León 1990). Normalmente se hallan cultivado: al borde de acequias, cercos de chacras y alrededor de casas (Cahuana, 1991).

Para el establecimiento de plantaciones el distanciamiento utilizado es 4 x 5 m entre plantas e hileras. El manejo silvicultural del sauco requiere buen suministro de agua, podas de formación a partir del 4 ó 5 mes, limpieza de arbustos y malas hierbas. (Brack, 1990).

3.1.1.8. Condiciones Agroecológicas del sauco

El sauco se adapta muy bien en zonas de bosques húmedos. Resistente a las heladas fuertes (15 a 20°C). Rango de precipitaciones de 2000 a 4000 mm año. Es una especie heliófila, es decir que requiere de plena exposición al sol para crecer adecuadamente y poco exigente en los suelos (Giraldo *et al.*2011), tolera acidez leve, no soporta suelos mal drenados pero si cercanos a fuentes hídricas por su rusticidad permite adaptarse a los suelos calcáreos, pedregosos, en altitudes, ruinas, escombreras e incluso a las grietas de los muros (Abella, 200).

3.1.2. Compuestos bioactivos

Sotacuro (2013) indica que los compuestos bioactivos son sustancias químicas que se encuentran en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales) que cumplen funciones en el cuerpo que promueve la buena salud y capaces de influir en las actividades celulares modificando el riesgo de padecer enfermedades y hacen efectos beneficiosos para la salud, los nutrientes simplemente previenen el riesgo de contraer una enfermedad debido a una carencia o déficit. Entre las funciones que realizan estos compuestos encontramos que pueden actuar como antioxidantes, inhibidores e inductores de enzimas y son los responsables de las principales características organolépticas de los alimentos a través de fenoles.

En el campo de la alimentación los compuestos bioactivos específicamente, en alimentos funcionales, se define como; aquellos compuestos químicos que ejercen un efecto benéfico para alguna función corporal del individuo, produciendo una mejora en sus salud y bienestar o reduciendo un riesgo de enfermedad. (Barragán, 2011, p. 16)

Diversos compuestos bioactivos tienen un gran potencial como fuente de antocianinas y fenólicos de acuerdo a su composición química y nutricional. Y tiene la capacidad para disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, gástrico, visión y neurodegenerativas, que actualmente vienen causando problemas al consumidor por el uso de excesivos insumos químicos, colorantes sintéticos, grasa saturadas, tóxicos en el procesamiento de alimentos y están dando lugar a generar radicales libres en el organismo (Morales, 2011).

3.1.2.1. Compuestos bioactivos en los alimentos

a) Inorgánicos

- Minerales (Ca, Se, Zn y K).

b) Orgánicos

- Isoprenoides (terpenoides) (Carotenoides, saponinas, tocotrienoles y tocoferoles).
- Compuestos fenólicos (Ácidos fenólicos, flavonoides (antocianidinas), lignanos y taninos).
- Lípidos (Ácidos grasos insaturado (omega 3) y fitoesteroles).

- Carbohidratos y derivados (Ácidos ascórbico, oligosacárido (prebiótico), Polisacáridos (almidón)).
- Proteínas, aminoácido y derivados (Aminoácidos, Isotiocianatos, Capsaicinoides, compuestos alil-s).

3.1.3. Compuestos fenólicos totales

El término “compuesto fenólico” engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol (nombre popular del hidroxibenceno), unidas a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos conceptos fenólicos de la familia de los ácidos fenólicos no son polifenoles, sino monofenoles. Los compuestos fenólicos tienen su origen en el mundo vegetal. Son uno de los principales metabolitos secundarios de las plantas y su presencia en el reino animal se debe a ingestión de estas (Gimeno, 2004).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se localiza en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Estos compuestos participan de diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la formación de componentes estructurales, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente (Paladino, 2006).

Los compuestos fenólicos están asociados al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. Sus características antioxidantes se deben a la reactividad del grupo fenol (Kahkonen y Heinonen, 2001).

Los compuestos fenólicos, son las sustancias que poseen un anillo aromático, unidos a uno o más grupos hidroxilo. Solo algunos compuestos fenólicos se consideran importantes en los alimentos y en la misma alimentación, estos compuestos son el ácido gálico, sináptico, ferúlico, cafeico, p-cumárico, y sus derivados. Las antocianinas son pigmentos importantes en una gran variedad de frutas y verduras. Entre los ingredientes funcionales, el grupo que actualmente está generando mayor interés es el de los compuestos fenólicos, también ampliamente denominados polifenoles, debido a sus propiedades organolépticas. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios sintetizados por los vegetales tanto en su desarrollo normal (Marquez et al., 2007).

Las plantas sintetizan una gran variedad de productos secundarios que contienen un grupo fenol. Estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o

fenilpropanoides y derivan todas ellas del fenol, un anillo aromático con un grupo hidroxilo tal como muestra la figura 1.

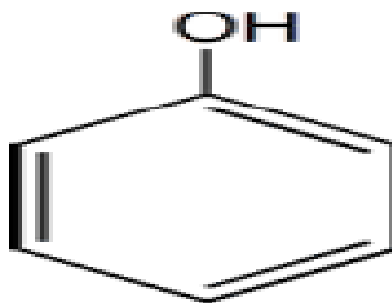


Figura 1. Estructura del fenol

Fuente: Puzanowska (2009)

3.1.3.1. Importancia de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son importantes para entender las propiedades saludables de la matriz analizada (actividad antioxidante, anticancerígena, etc.). La actividad de un determinado extracto se debe a todos sus componentes; no solo los compuestos mayoritarios son los responsables de sus características, sino que también influyen los minoritarios o las interacciones entre ellos (Manach, *et al.*, 2009).

El perfil poli fenólico de los vegetales puede emplearse para su caracterización y control de calidad de los alimentos, como indicador químico del procesado de los alimentos elaborados, ya que pueden producirse alteraciones de su contenido durante los procesos tecnológicos, en la detección y evaluación de posibles adulteraciones o modificaciones genéticas, aplicaciones en la industria agroalimentaria como pueden ser uso de alternativas a los antioxidantes sintéticos para preservar a los alimentos del daño oxidativo o como aprovechamiento de sub productos de derivados menos hidrofílicos con características farmacológicas mejoradas. (Gómez, 2010).

3.1.3.2. Compuestos fenólicos del sauco

Durante la última década el interés en los polifenoles, se ha incrementado considerablemente debido a su capacidad antioxidante y su posible efecto en la prevención de enfermedades crónicas. Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes naturales de los alimentos, este comportamiento parece estar relacionado

con su capacidad de quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres (Pineda et al., 1999).

Los polifenoles de las frutas incluyen una amplia gama de compuestos con actividad antioxidante tales como flavonas, antocianinas y derivados del ácido gálico. La composición de los polifenoles varía ampliamente entre los diferentes cultivos, frutas y verduras, tipo de suelo del cultivo. Las frutas son ricas en compuestos polifenólicos, algunas frutas los contienen como antioxidante en mayor concentración cada uno de estos compuestos tiene actividades *in vivo* (Icambola, 1972).

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir con dos condiciones la primera es que pueda retardar o prevenir la auto-oxidación o la oxidación medida por un radical libre y la segunda que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en antioxidante posteriores (Pineda et al, 1999).

3.1.4. Vitamina C (ácido ascórbico)

Los compuestos antioxidantes tales como ácido ascórbico juegan papeles terapéutico y preventivo contra varias enfermedades tales como el envejecimiento, la inflamación y ciertos tipos de cáncer.

El ácido ascórbico es el ácido orgánico más importante de las frutas y verduras en relación con su valor nutricional, es un ácido hidrosoluble, sensible al calor y a las reacciones de oxidación, características que demuestran que el ácido ascórbico se puede destruir fácilmente en presencia de oxígeno o aumento de temperatura. La oxidación también depende del pH, ya que la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada (Meléndez et al., 2004).

Encina (2006), menciona que está presente en el fruto alrededor de 28.55 mg/100 g y se requiere para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo. Es necesario para formar, el tejido cicatricial, los tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. El ácido ascórbico tiene actividad de vitamina C, además es un antioxidante y como tal es un nutriente que bloquea parte del daño causado por los radicales libres.

3.1.4.1. Estabilidad de la vitamina C

Los alimentos se deterioran principalmente por contaminaciones microbianas, y también por actividad enzimática y reacciones químicas; para evitar estos cambios y conservarlos por largo tiempo, se someten a uno de los procesos, o a una combinación de ellos, basados en altas temperaturas (escaldado, pasteurización, esterilización), en bajas temperaturas (refrigeración, congelación), en la eliminación del agua (deshidratación), en el control de la actividad del agua (concentración, alimentos de humedad intermedia), en el empleo de aditivos (benzoatos sorbatos), en el control de pH (acidificación, fermentación), en el uso de radiaciones, etc. (Badui, 2006).

3.1.5. Capacidad antioxidante

Los antioxidantes son sustancias que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la relación de oxidación. La principal característica de un antioxidante es la habilidad de atrapar un radical libre como, por ejemplo; el peróxido (Prakash, 2003) el antioxidante al chocar con el radical libre cede un electrón, se oxida y se transforma en un radical libre débil no tóxico (Dávila, 2003), evitando así enfermedades degenerativas, reducen enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Las principales fuentes de antioxidantes naturales se encuentran en granos, frutas y vegetales (Prakash, 2003).

3.1.5.1. Actividad antioxidante de frutas

En los últimos años, ha existido un creciente interés en el estudio de ciertas frutas y vegetales con alto poder antioxidante para potenciar su consumo debido a su efecto positivo en la prevención de ciertas enfermedades crónicas como algunos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (García, 2003). El efecto protector de los alimentos de origen vegetal se atribuye a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante (Pineda et al., 1999), la mayor parte de la capacidad antioxidante de frutas y vegetales la proporciona su contenido de vitamina E, vitamina C, los carotenoides (Pineda et al., 1999 y García, 2003).

También es cierto que la capacidad antioxidante de las diferentes variedades de frutas y verduras está influenciada por diferentes parámetros tales como variedad de cultivo, zona geográfica, e incluso horas de luz que influyen en la síntesis de estos compuestos (García, 2003).

Los extractos vegetales frescos muestran un efecto antioxidante diferente y su actividad depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en el alimento (Pineda et al.1999).

La actividad antioxidante total es una estimación fiable y global de la capacidad antioxidante de un alimento (Arnao et al., 1999).

3.1.5.2. Actividad antioxidante del sauco

Los antioxidantes de los racimos de sauco son actualmente investigados por sus actividades antiviral, inmune, y en estudios antiangiogénicos (anti cancerígenos); también apoyan a la salud cardiovascular y contra el envejecimiento. El fruto del sauco contiene 60-80 antioxidantes y un alto valor de ORAC (Kim et al., 2004).

Además, estudios individuales han probado que las antocianinas provenientes de las bayas de sauco tienen actividad antioxidante y pueden reducir el estrés oxidativo debido a la edad, también ayudan a desarrollar las funciones cerebrales. Los antioxidantes del sauco también mejoran la estabilidad del colesterol LDL protegiéndolo frente a la oxidación producida por los radicales libres, y así contribuyen a reducir la incidencia de arterioesclerosis propiciada por el depósito de colesterol malo en las arterias (Zafra, 2007).

Un artículo científico publicado por la revista oficial de la universidad privada Antenor Orrego, pueblo continente, en el cual se determinó las antocianinas totales, fenoles y actividad antioxidante en pulpas de las frutas procedentes de la región la libertad y Cajamarca, ha reportado que el color intenso del sauco se relaciona con los altos contenidos de antocianinas totales (120,2 mg cianidina 3-glucosido/100 g muestra) y fenoles totales (196,5 mg ácido gálico/100 g muestra), encontrándose además valores de 112,1 mg/100 g muestra y 22,5 μ M TE/ g muestra, para el VCEAC (actividad antioxidante equivalente en vitamina C) y TEAC (actividad antioxidante equivalente en Trolox), respectivamente. (Márquez et al., 2007).

La variación en el contenido de antocianinas totales en las frutas es explicable en el sentido de que la maduración esta típicamente acompañada por cambios sustanciales en el perfil de compuestos antioxidantes. Por ejemplo, los cambios en el color del sauco durante la maduración incrementan el contenido de antocianinas. La relación entre la

madurez de la fruta y la actividad antioxidante difiere entre los cultivos de frutas (Kalt, 2005).

3.1.5.3. Actividad antioxidante y compuestos fenólicos del sauco

El saúco (*Sambucus nigra L. Subsp. peruviana*) y sus respectivos zumos poseen efecto antioxidante, antiviral, antihipertensivo y otros efectos favorables debido a componentes fenólicos (incluyendo las antocianinas), terpenoides y proteínas (lecitinas) entre otros, también muestra efecto diurético y alivian el estreñimiento, además ofrecen protección contra el cáncer a la próstata y enfermedades neurodegenerativas (Gimeno, 2004).

Campos (2010), hace las comparaciones de cantidad de compuestos fenólicos, flavonoides, flavonoles y capacidad antioxidante de ciertas especies vegetales señalando que el saúco contiene más compuestos fenólicos La vitamina C o ácido ascórbico es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes tal como sucede con la vitamina E y el selenio. No se sintetiza en el organismo, por lo que debe ser aportada por la dieta. Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno singlete (O_2), capturar radicales hidróxilos y aniones superóxido y regenerar la forma oxidada de vitamina E una vez que ha reaccionado con un RL. Actúa de forma sinérgica con la vitamina E, y se ha comprobado que se absorbe mejor si se encuentra en una formulación que contenga vitamina E (Criado y Moya, 2009)

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de análisis químico y laboratorio de espectrofotometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

4.2. Material de estudio

Para la investigación se utilizó fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*), recolectado en los distritos de Pacucha, Talavera y Centro poblado de Posoccoy de la provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

4.2.1. Población y muestra

4.2.1.1. Universo y/o población

Se consideró como población a todas las plantas de sauco que se encuentran en Pacucha altitud 3125 m s.n.m, Andahuaylas 2926 m s.n.m y 2824 m s.n.m. Posoccoy de la provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

4.2.1.2. Muestra

Se tomó 1 kg de fruto de las plantas de sauco a una altitud 3125 m s.n.m. Pacucha, 2926 m s.n.m., Andahuaylas y 2824 m s.n.m. Posoccoy.

Las muestras que se obtuvieron se realizó con el tipo de muestreo aleatorio estratificado (MAE) que consiste en dividir la población en subconjuntos o estratos cada uno de ellas para seleccionar una muestra probabilística de manera independiente de un estrato a otro

4.2.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue representada por 1g de extracto de frutos de sauco recolectados a una altitud 3125 m s.n.m. Pacucha, 2926 m s.n.m., Andahuaylas y 2824 m s.n.m. Posoccoy, para determinar compuestos fenólicos totales, vitamina C y capacidad antioxidante.

4.3. Equipos, instrumentos, materiales, reactivos e insumos

En las tablas del número 2 al número 5 se muestran los equipos, materiales, reactivos y material vegetal que se utilizaron para el análisis de compuestos fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidante del fruto de sauco.

Tabla 2. Equipos.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA
1	Espectrofotómetro UV-Visible.	GENESIS
1	Centrifuga con temporizador digital, velocidad 1420 RPM	FUNKE GERBER
1	Agitador magnético	LW-SCIENTIFIQUE
1	Balanza digital de precisión cap. 100 g sensibilidad 0.01 g	ABS 200-4
1	Balanza electrónica digital cap. máxima de 30 kg y mínima de 200 g	E-ACCUPA
1	Refrigeradora	GOLD STAR

Tabla 3. Materiales.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA
1	Fiola de 25 mL	FORTUNA
1	Fiola de 50 MI	FORTUNA
2	Gradilla para tubos de ensayo	S/M
2	varillas de vidrio	FORTUNA
5	Papel aluminio foil	DUTY
2	Probeta de 100 mL	KYNTEL
2	Probeta de 25 mL	KYNTEL
2	Pizetas	S/M
5	Vaso de precipitado 250 mL	FORTUNA
10	Tubos de ensayo con tapa	S/M
2	Pipetas de 1 mL	FORTUNA
2	Pipetas de 2 mL	FORTUNA
2	Pipetas de 5 mL	FORTUNA
3	Pro pipetas	D&N
4	Envase de vidrio	S/M
1	Rotulador	FABER-CASTELL

Tabla 4. Reactivos.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
50 g	Carbonato de sodio 99,5% de pureza.
100 ml	Reactivo de Folin-Ciocalteu Sigma 2N; mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato.
50 mg	Radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), aproximadamente base celular permeable, se utiliza para evaluar la capacidades de los compuestos capta los radicales libres.
25 ml	Ácido oxálico al 0.4%
2 L	Metanol químicamente puro y al 80%; líquido claro, incoloro, muy polar miscibles con agua, alcohol y éter.
3 L	Agua destilada

Tabla 5. Material vegetal.

Cantidad	Material vegetal	Descripción
1 kg	Sauco	Recolectado a una altitud 3125 ms.n.m. lugar Pacucha
1 kg	Sauco	Recolectado a una altitud 2926 ms.n.m. lugar Andahuaylas
1 kg	Sauco	Recolectado a una altitud 2824 ms.n.m. lugar Posoccoy

4.4. Metodología experimental

Fruto de sauco: Se utilizó el sauco *Sambucus peruviana L.*

La recolección: la recolección del fruto de sauco se realizó a una altitud 3125 m s.n.m. Pacucha; 2926 m s.n.m. Andahuaylas y 2824 m s.n.m. Posoccoy. Al momento de recolectar los frutos de sauco se tendrá que tomar en cuenta el color de madurez y tamaño uniforme de los frutos.

Recepción de materia prima: La recepción de los frutos de sauco se hizo en unos recipientes de plástico limpio.

Selección: se seleccionará la materia prima de tamaño uniforme, eliminando los que se encuentran deteriorados por efectos físicos y biológicos.

Lavado: posteriormente se lavó el fruto de sauco, para retirar las impurezas.

Pesado: Se pesó 1 Kg de fruto de sauco de cada altitud.

Envasado: una vez que se ha pesado las muestras se coloca en bolsas de polietileno para poder conservarlas hasta usar para el análisis.

Almacenado: los frutos de sauco fueron almacenados a temperatura ambiente.

Análisis: compuestos fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidante.

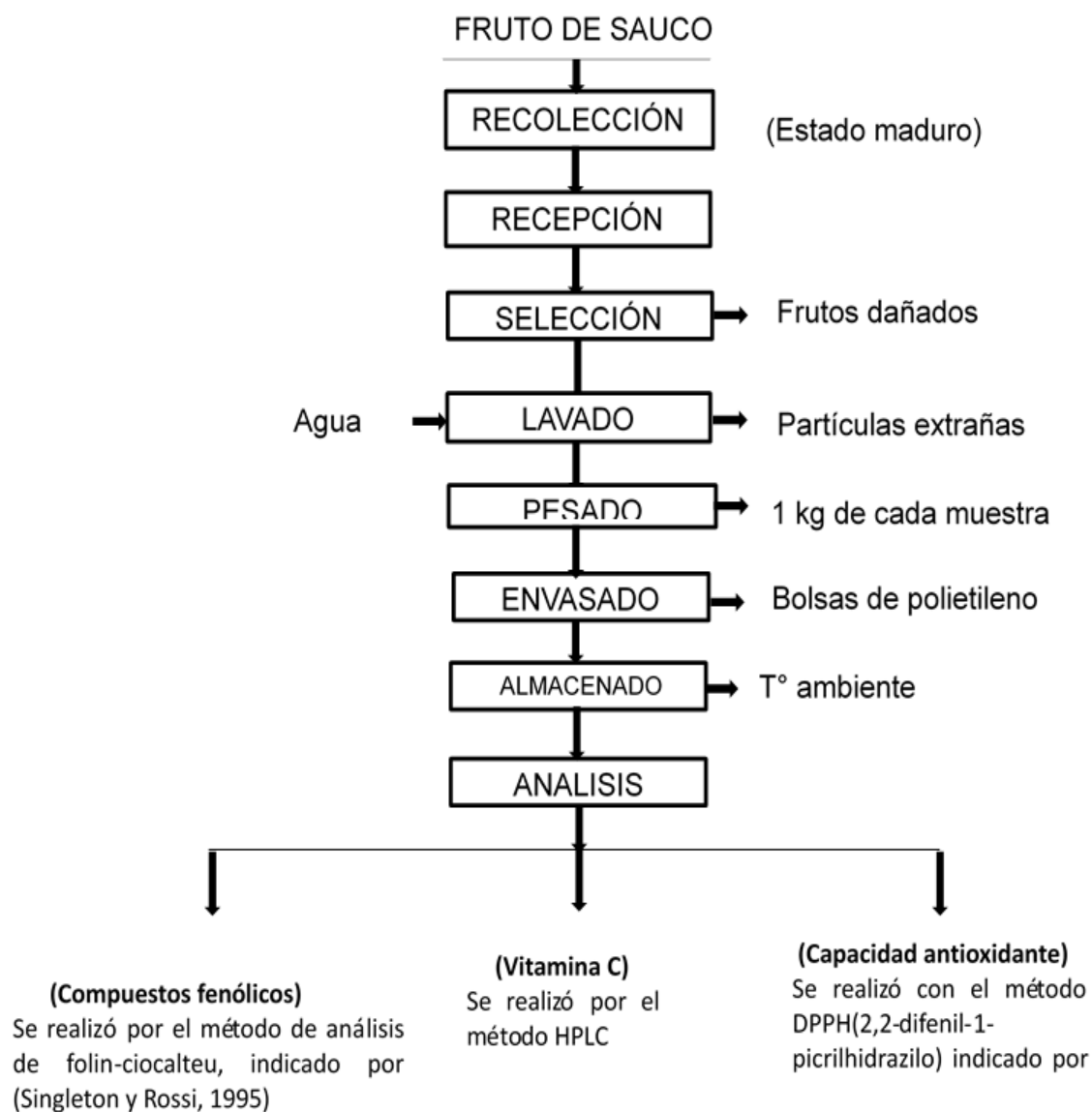


Figura 2. Diagrama de flujo para el acondicionamiento de los frutos de sauco.

(Jorge y Segura, 2011) con algunas modificaciones.

4.5. Metodología de análisis

4.5.1. Análisis de los compuestos fenólicos del fruto de sauco

La determinación de los compuestos fenólicos se realizó mediante el método espectrofotométrico con el reactivo folin-ciocalteau (Singleton y Rossi, 1995). Los compuestos fenólicos se llegan a oxidar por el reactivo folin-ciocalteau 3,4, que se reduce, por acción de fenoles, en una mezcla de óxidos azules de tungsteno (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}). Esta reacción es característica para compuestos que tienen un grupo hidroxilo unido a un anillo de benceno.

El reactivo folin-ciocalteau tiene una coloración amarilla que en presencia de fenoles se torna azul. La intensidad de color azul se mide espectrofotométricamente a 765 nm. Los resultados se expresan como equivalente de ácido gálico (GAE).

Preparación de las muestras

Se pesó 1 g de cada uno de las muestras y se añadió 10 ml de metanol en un vaso precipitado seguidamente se mezcló con un homogeneizador por 1 minuto y seguidamente se mezcló por 15 minutos con un agitador magnético y después de la homogenización se almaceno por 24 horas a 3-4 °C en oscuridad. Transcurrido el tiempo se procedió a centrifugar el homogenizado por 25 minutos a 2000 RPM, luego se tomó una alícuota del sobrenadante claro y se colocó dentro de un tubo de ensayo, previamente protegido de la luz. Se guardó el extracto a -20 °C para su análisis posterior.

Preparación de la dilución de carbonatado de sodio al 20 %

Se pesó una dilución de carbonatado de sodio al 20% con 5g de carbonatado de sodio se coloca en un matraz aforado de 25 mL luego se hace la dilución en 15 mL de agua y se lleva al ultrasonido hasta su completa dilución, finalmente se afora su volumen con agua destilada.

Preparación de la dilución 1N del reactivo folin ciocalteu

Se preparó una dilución 1:2 del reactivo comercial (2N) en agua destilada y en seguida se protegió de la luz y se refrigeró hasta su uso.

Preparación de la solución madre de ácido gálico 0,1 g/l

Se preparó una dilución patrón de ácido gálico de 0.1 g/l con 25 mg de ácido gálico, luego se colocó a una fiola aforado de 25 ml de agua destilada con lo cual, se preparó una dilución 1:10 con agua destilada.

Finalmente se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda a 765 nm.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales fue:

$$Y = aAbs + b \dots \dots \dots Ec. 01$$

Dónde:

Y = miligramos (mg) de ácido gálico equivalente / ml

Abs= Absorbancia a 765 nm

a, b → Procedentes de la ecuación normalizada

Determinación del contenido de fenoles totales

Se determinó los fenoles totales, para ello se mezcló 0.5 ml de cada extracto crudo y 0,75 ml de reactivo Folin-ciocalteu agitándose vigorosamente por 3 minutos, luego se agregó 0,75 ml de una solución de carbonato de sodio, en seguida se agitó vigorosamente para luego realizar una incubación a una temperatura de 45°C por 15 minutos. Se utilizó como blanco el metanol acuoso (80:20 v/v) para medir la absorbancia a 765 nm. Los resultados de compuestos fenólicos se calcularon mediante la siguiente ecuación 02.

$$C.F. = \frac{Y * D * V * 100}{p} \dots \dots \dots Ec. 02$$

Dónde:

Compuestos fenólicos = miligramos (mg) de ácido gálico equivalente (AGE) /100 g de sauco.

Y = Miligramos (mg) de ácido gálico equivalente /ml

D = Dilución

V = Volumen de muestra

p = Peso de la muestra en gramo

4.5.2. Análisis de vitamina C del fruto de sauco

Se utilizó el método Cromatografía líquida de alta resolución HPLC, es la técnica de separación más ampliamente utilizada en separaciones analíticas, que permite aislar, identificar y cuantificar los compuestos desconocidos tales como vitaminas, proteínas y compuestos activos como flavonoides, alcaloides y esteroides en una muestra o solución desconocida (Horie y Kohata, 2000).

Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

La muestra se introduce manual o automáticamente antes de la columna, inyectándola en cantidades muy pequeñas (10 a 50 μ L). El tiempo que tardan en salir los componentes a través de la columna, se conoce como tiempo de retención, y se considera una propiedad significativa del compuesto en una determinada fase móvil y estacionaria.

Soluciones preparadas

Solución de trabajo: a partir del estándar de ácido ascórbico chemservice con pureza del 100%, se preparó una solución patrón de 1000 mg/L (se pesa 0,1 g de ácido ascórbico en 100 mL de ácido metafosfórico al 6%), esta solución se la utiliza para elaborar las curvas de calibración, y para identificar la concentración de ácido ascórbico.

Ácido metafosfórico al 6 %: se pesa 60g del ácido y se afora a 1L de agua destilada para HPLC.

Análisis y condiciones cromatografías

Con la solución patrón de ácido ascórbico de 1000mg/L en ácido metafosfórico al 6% y teniendo en cuenta las condiciones de cuantificación en jugos y frutas, se probó la fase móvil y la longitud de onda del detector (240-290 nm) para obtener la mayor sensibilidad y resolución del sistema cromatográfico. Para esto se realizaron ensayos con las siguientes fases móviles:

- ❖ Metanol: Agua (70:30); (80:20); (90:10)
- ❖ Acetonitrilo: Agua (80:20)
- ❖ Acetonitrilo: Agua con solución reguladora de KH_2PO_4 0.03M, pH 2.5 (90:10)

La fase móvil que presenta mayor resolución es metanol: agua (90:10), a una longitud de onda de 245 nm, usando un detector UV-VIS; luego de realizar las pruebas de flujo de 1 a 2 mL/min, se definió el flujo de 1.2 mL/min. El tiempo de análisis del equipo fue de 5 min. Las extracciones y estándares se inyectaron y se realizó por triplicado para evaluar la precisión del método.

Se pesa por triplicado 1g de la muestra y se afora a 50mL con ácido metafosfórico al 6%. Para determinar la concentración de vitamina C, se realizaron curvas de calibración mediante estándares de concentración que van en un rango de 10 a 160 mg/L, ya que, según reportes bibliográficos la concentración en cítricos es alrededor de 60mg/100g de muestra. Se filtra con un poro de 45µ m para evitar que los compuestos sólidos de partículas grandes puedan taponar la columna de HPLC.

La cuantificación e identificación del ácido ascórbico se realiza inyectando patrones de concentración conocida que se utilizan con una doble finalidad: para la identificación de los tiempos de retención y para la calibración del equipo en cuanto a medir concentraciones.

Procedimiento de análisis para la determinación de la vitamina C del fruto de sauco por HPLC

- ❖ preparación de la muestra con ácido metafosfórico al 6% preparación fase móvil.
- ❖ preparación cromatográfica líquida (encendido purga las líneas y estabilización fase móvil.
- ❖ Inyección en el cromatógrafo líquido de alta eficiencia
- ❖ Cuantificación

4.5.3. Análisis de la capacidad antioxidante del fruto de sauco

Se utilizó el método desarrollado por (Brand et al., 1995). En este método los compuestos antioxidantes de la muestra a ensayar, reaccionaron con el radical estable 2,2 difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) que se encuentra en una solución de metanol. El radical en forma de DPPH absorbe la luz a 517 nm.

Preparación de extracto

Se pesó 1 gramo de muestra, se mezcló con 10 mL de etanol al 70% (v/v). Las mezclas de dejaron en reposo durante 24 horas previa agitación después se centrifugó en seguida se separó el extracto clarificado para su posterior análisis.

Preparación de la curva estándar

Se preparó una curva de calibración de 2.5, 5.0, 10.0 µg/mL de estándar Trolox en etanol absoluto con sus respectivos blancos con etanol, en seguida se mezclaron con 1.5 mL de DPPH y se dejó en reposo en oscuridad durante 30 minutos, después se procedió a hacer la lectura de las absorbancias con un espectrofotómetro.

Ensayo de captación de radicales DPPH

Se usó la solución preparada de trolox, para luego realizar diluciones con diferentes concentraciones. Para las diferentes muestras y el blanco, se tomaron 60 µL en seguida se mezcló con 1.5 mL de DPPH de la misma forma como se preparó el estándar, se procedió a registrar las absorbancias. Las lecturas para el estándar se realizaron por triplicado y, para la muestra por quintuplicado.

En seguida se halló la inhibición al 50%, de acuerdo a la ecuación, % de Inhibición = $1 - (\text{Abs Muestra} / (\text{Abs DPPH})) \times 100$, el resultado expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (CI50 o IC50) en equivalentes Trolox que están presente en 100 g de muestra.

4.6. Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerándose de esta manera solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos serán los saucos recolectados de diferentes altitudes (sauco de altitud 3125 m s.n.m. Pacucha; sauco de altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas y, sauco de altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy) y el error aleatorio.

Se desarrolló una investigación de acuerdo a las siguientes variables de estudio, como variable independiente: frutos de sauco (altitud 3125 m s.n.m.; altitud 2926 m s.n.m. y altitud 2824 m s.n.m.) como variables dependientes: la capacidad Antioxidante y los compuestos bioactivos (fenoles y vitamina C).

Tabla 6. Matriz de diseño experimental del DCA

T1	T2	T3
y_{11}	y_{21}	y_{31}
y_{12}	y_{22}	y_{32}
y_{13}	y_{23}	y_{33}
y_{14}	y_{24}	y_{34}
y_{15}	y_{25}	y_{35}

T: Tratamientos que son fruto de sauco de diferentes altitudes

R: Repeticiones por quintuplicado para fenoles y capacidad antioxidante en el caso de vitamina C por triplicado.

4.6.1. Análisis estadístico

▪ 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 de esta técnica es separar la variación en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. En caso del DCA se preparan la variabilidad debido a los tratamientos y debida al error. Cuando la primera predomina claramente sobre la segunda, es cuando se concluye que los tratamientos tienen efecto, dicho de otra manera, las medias son diferentes (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

Cuando los tratamientos no dominan contribuyen iguales o menos que el error, por lo que se concluye que las medias son iguales.

El objetivo del análisis de varianza en el DCA es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

Cuando los tratamientos no dominan contribuyen iguales o menos que el error, por lo que se concluye que las medias son iguales.

El objetivo del análisis de varianza en el DCA es, probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

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 la hipótesis para estar más seguros de las conclusiones que se obtendrán, de la siguiente manera (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

H_0 : No existe diferencia en la concentración de los compuestos fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidante del sauco producido en Pacucha, Andahuaylas y Posoccoy.

H_A : Si existe diferencia en la concentración de los compuestos fenólicos, vitamina C y capacidad antioxidante del sauco producido en Pacucha, Andahuaylas y Posoccoy.

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

▪ Prueba de criterio

Cuando P value < 0.05 se rechaza la H_0 y se acepta la H_A

Cuando P value \geq 0.05 se acepta la H_0 y se rechaza la H_A

▪ Comparaciones o pruebas de rango múltiple

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

Después de que se rechazó la hipótesis nula en un análisis de varianza, es necesario ir a detalle y ver cuales tratamientos son diferentes.

Comparación de parejas de medias de tratamientos

Cuando no se rechaza la hipótesis nula $H_0: \mu_i = \mu_j \dots \dots \mu_k = \mu$, el objetivo del análisis está cubierto 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 alterna $H_A: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$,

es necesario investigar cuales tratamientos resultaron diferentes o cuales provocan la diferencia (Gutiérrez De La Vara, 2008)

▪ **Método LSD (diferencia mínima significativa)**

Una vez que rechazo H_0 el ANOVA, el problema es probar la igualdad de todos los posibles pares de medias con la hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ Para todo } i \neq j$$

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

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > t_{\alpha/2, N-K} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} = LSD \dots\dots\dots EC. (05)$$

Donde el valor de $t_{\alpha/2, N-K}$ se lee en la tabla de distribución T student con N-K grado de libertad que corresponden al error, el CM_E es el cuadrado medio del error que se obtiene de tabla de ANOVA, y n_i y n_j son el número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente (Gutiérrez De La Vara, 2008).

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

$$LSD = t_{\alpha/2, N-K} \sqrt{\frac{2CM_E}{n}} \dots\dots\dots EC. (06)$$

En caso de rechazar H_0 se acepta la hipótesis alternativa $H_A: \mu_i \neq \mu_j$ la cual nos dice que las medias de los tratamientos i y j son iguales. El método LCD es de los más potentes, por lo que en ocasiones de clara significativas a unas pequeñas diferencias (Gutiérrez y De La Vara., 2008).

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Resultados obtenidos de los compuestos fenólicos totales

El análisis de los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco cultivados en diferentes altitudes de provincia de Andahuaylas se muestran en el (ANEXO. 1) Así mismo, se puede observar el promedio y desviación estándar de los resultados obtenidos en la tabla 7.

Tabla 7. Muestra los resultados del contenido de CFT del fruto de sauco.

Fruto de sauco	Compuestos fenólicos Totales (EQ-Ac. Gálico mg/100 g de fruto de sauco) ($\bar{x} \pm \epsilon$)
Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha	348.51 \pm 16.3
Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas	340.17 \pm 9.51
Altitud 824 m s.n.m. Posoccoy	334.76 \pm 2.13

\bar{x} : Promedio de 5 repeticiones de muestras de fruto de sauco ϵ : Error de estimación
Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 muestra los resultados de los compuestos fenólicos totales del fruto de sauco expresados en (EQ-Ac. Gálico mg/100 g de fruto de sauco). En donde el mayor contenido de fenoles totales es de 348.51 ± 16.3 EQ-Ac. Gálico mg/100 g de fruto de sauco (Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha), seguido por 340.17 ± 9.51 EQ-Ac. Gálico mg/100 g de fruto de sauco (Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas) y por último 334.76 ± 2.13 EQ-Ac. Gálico mg/100 g de fruto de sauco de la (Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy).

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para los compuestos fenólicos. La tabla 8 muestra los resultados de análisis de varianza, dando los siguientes resultados.

Tabla 8. ANOVA para compuestos fenólicos totales

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	479.683	2	239.841	3.13	0.0807
Intra grupos	920.592	12	76.716		
Total (Corr.)	1400.27	14			

En la tabla 8, los resultados de análisis estadístico mediante el análisis de varianza ANOVA muestran que el valor-P es mayor que 0.05 nivel de significancia por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna con un nivel de confiabilidad del 95 %. Aunque la prueba de criterio es 0.05; el valor (0.08) es mayor que el valor α (0.01) por lo tanto se acepta la hipótesis nula; Esto nos indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los fenoles totales: entonces las medias de los tratamientos para compuestos fenólicos totales son iguales, no influye el lugar de procedencia.

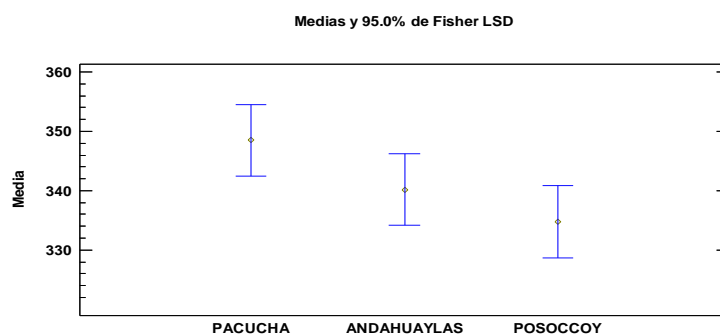


Figura 3. Comparación de medias de vitamina C con LSD Fisher.

En esta figura se puede observar la comparación de medias de compuestos fenólicos totales por LSD Fisher, de los frutos de sauco recolectados a una Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha; Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas y Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy, existe una diferencia entre Pacucha y Posoccoy; igualdad entre Pacucha y Andahuaylas y Andahuaylas y Posoccoy con un nivel del 95 % de confianza.

5.2. Resultados obtenidos de la vitamina C

El análisis de la vitamina C en el fruto recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas se muestran en el (ANEXO. 2) así mismo se puede observar el promedio y desviación estándar de los resultados obtenidos en la tabla 9.

Tabla 9. Muestra los resultados del contenido de VC en el fruto de sauco.

Fruto de sauco	Vitamina C mg /100 g ($\bar{x} \pm \epsilon$)
Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha	3.79 \pm 0.34
Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas	3.29 \pm 0.15
Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy	1.75 \pm 0.16

\bar{x} : Promedio de 3 repeticiones de muestras de fruto de sauco ϵ : Error de estimación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestra los resultados de la vitamina C del fruto de sauco expresados en mg/100 g. El mayor contenido de vitamina C es de 3.79 ± 0.34 mg/100 g (Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha), seguido por 3.29 ± 0.15 mg/100 g (Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas) y por último 1.75 ± 0.16 mg /100 g (Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy Así mismo, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para la vitamina C. La tabla 10 muestra los resultados de análisis de varianza para la vitamina C mostrando los siguientes resultados.

Tabla 10. ANOVA para la vitamina C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.81716	2	3.40858	386.85	0.0000
Intra grupos	0.0528667	6	0.00881111		
Total (Corr.)	6.87002	8			

En la tabla 10, se muestra los resultados de análisis estadístico mediante el análisis de varianza ANOVA donde el valor-P es menor que 0.01 por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 %. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la vitamina C.

También se realizó la diferencia mínima significativa (LSD) una vez que se rechaza la hipótesis nula en el ANOVA.

Es la diferencia mínima (LSD) que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que dos tratamientos son diferentes.

Tabla 11. LSD para la vitamina C

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	3	1.75	X
2	3	3.29	X
1	3	3.79667	X

La tabla 11 se observa que el tratamiento 1,2 y 3 son diferentes.

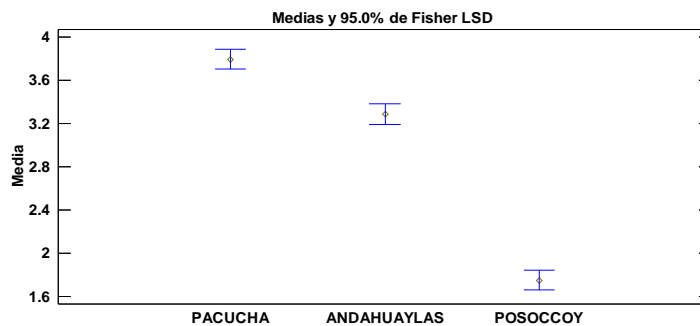


Figura 4. Comparación de medias de vitamina C con LSD Fisher.

En esta figura se puede observar la comparación de medias de vitamina C por LSD Fisher, de los frutos de sauco recolectados a una Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha; Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas y Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy existe una Diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95% de confianza.

5.3. Resultados obtenidos de La capacidad antioxidante

Los resultados de análisis de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas se muestran en el (ANEXO. 3) Así mismo, se puede observar el promedio y desviación estándar de los resultados obtenidos en la tabla 12.

Tabla 12. Resultado de la CA de los frutos de sauco.

Fruto de sauco	Capacidad antioxidante (Trolox CI50 g /100 g de fruto de sauco)($\bar{x} \pm \epsilon$)
Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha	1.0385 \pm 0.09
Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas	1.1078 \pm 0.05
Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy	1.7142 \pm 0.04

\bar{x} : Promedio de 5 repeticiones de muestras de fruto de sauco ϵ : Error de estimación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se muestra los resultados de la evaluación de la actividad antioxidante y determinación del CI50 en los frutos de sauco. El IC50 se define como la concentración necesaria de la muestra para disminuir en un 50% la concentración inicial de los radicales libres (DPPH), teniendo en cuenta que a menor valor CI50 es mayor la actividad antioxidante se puede observar que los frutos de sauco recolectados en la Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha tuvo mayor porcentaje de captación de radicales libres y menor valor de CI50 (1.0385 \pm 0.09 Trolox CI50 g/100g de fruto de sauco) por ello se considera como mayor fuente de capacidad antioxidante seguido por la Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas con 1.1078 \pm 0.05 Trolox CI50 g/100 g de fruto de sauco y Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy con 1.7142 \pm 0.04 Trolox CI50 g/100 g de fruto de sauco.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA). La tabla 13 muestra los resultados de análisis de varianza para los fenoles totales mostrando los siguientes resultados.

Tabla 13. ANOVA para capacidad antioxidante.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.38164	2	0.690819	267.23	0.0000
Intra grupos	0.0310212	12	0.0025851		
Total (Corr.)	1.41266	14			

En la tabla 13, los resultados de análisis estadístico mediante el análisis de varianza ANOVA muestran que el valor-P es menor que 0.01 por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confiabilidad del 99 %. Esto indica

que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de capacidad antioxidante entre un tratamiento y otro.

También se realizó la diferencia mínima significativa (LSD) una vez que se rechaza la hipótesis nula en el ANOVA.

La diferencia mínima (LSD) que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que dos tratamientos son diferentes.

Tabla 14. LSD para capacidad antioxidante.

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	5	1.03858	X
2	5	1.10784	X
3	5	1.71422	X

La tabla 14 se observa que el tratamiento 1 y 3 son diferentes, caso contrario con el tratamiento 2 y 1 son iguales así mismo el tratamiento 2 y 3 son diferentes.

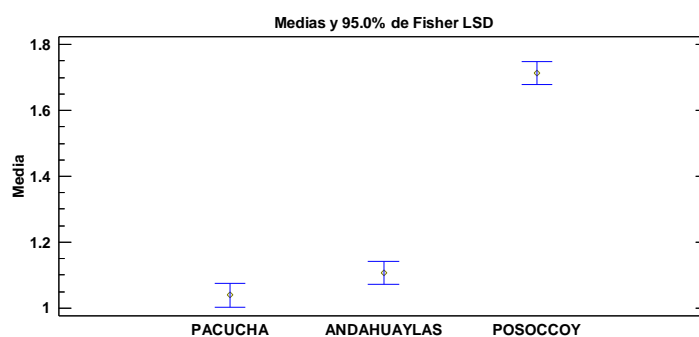


Figura 5. Comparación de medias de capacidad antioxidante con LSD Fisher.

En esta figura se puede observar la comparación de medias de la capacidad antioxidante por LSD Fisher, de los frutos de sauco recolectados Pacucha Altitud 3125 m s.n.m.; Andahuaylas Altitud 2926 m s.n.m. Son iguales sin embargo la muestra de Posoccoy Altitud 2824 m s.n.m. Y Andahuaylas Altitud 2926 m s.n.m. Son diferentes a su vez Posoccoy Altitud 2824 .m s.n.m. y Pacucha Altitud 3125 m s.n.m. Son diferentes con un nivel del 95% de confianza.

CAPÍTULO VI: DISCUSIONES

6.1. Compuestos fenólicos totales

Los resultados de los compuestos fenólicos totales del fruto de sauco cultivados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas son los siguientes: $348,51 \pm 16.3$ EQ-Ac. Gálico mg /100 g (Altitud 3125 m s.n.m. Pachucha), 340.17 ± 9.51 EQ-Ac. Gálico mg /100 g (Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas) y 334.76 ± 2.13 EQ-Ac. Gálico mg /100 g (Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy). Estos resultados son similares a los encontrados por Jorge y Segura (2011), quienes determinaron que la concentración de fenoles totales del fruto de sauco no representan ninguna diferencia estadísticamente en la concentración del sauco de la provincia de Tarma 691.13 mg de ácido gálico/100 gr muestra (altitud 2800 m s.n.m.) y la de Huancayo 699.46 mg de ácido gálico/100 g muestra (altitud de 3300 m s.n.m.); sin embargo Jurado et al., (2006), reporta los resultados de fenoles totales de aguaymanto recolectados en diferentes lugares Huánuco 149.3, Junín 144.4, Áncash 127.9 y Cajamarca 106 mg/Eq. AG/100 g de fruto, de las cuales manifiesta que hay una diferencia significativa en la concentración de fenoles totales de aguaymanto entre las regiones mencionadas, siendo de mayor contenido de fenoles totales el aguaymanto proveniente de Huanuco.

6.2. Vitamina C

Los resultados de la vitamina C en el fruto de sauco recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas son los siguientes: 3.79 ± 0.34 mg/100 g (Altitud 3125 m s.n.m. Pacucha), $3.29 \pm 0,15$ mg/100 g (Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas) y 1.75 ± 0.16 mg/100 g (Altitud 2824 m s.n.m. Posoccoy). Estos resultados son similares a los encontrados por (Velásquez y Velásquez, 2017) quien determinó las características fisicoquímicas del aguaymanto en estado verde y maduro reportando lo siguiente: los frutos de Huaribamba-Huancavelica estado verde-maduro el contenido ácido ascórbico es 4.10 mg / 100 g a 49.81 mg / 100 g y los frutos de Acomayo-Huánuco de estado verde-maduro el contenido de ácido ascórbico es 5.41 mg / 100 g a 52.37 mg / 100 g existiendo una diferencia significativa entre las características fisicoquímicas del aguaymanto de Huaribamba y Acomayo en el contenido de ácido.

6.3. Capacidad antioxidante

Los resultados de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas están medidas por valores de CI50 los resultados son los siguientes: 1.0385 ± 0.09 Trolox CI50 g/100 g (Altitud 3125 m s.n.m. y Pacucha), 1.1078 ± 0.05 Trolox CI50 g/100 g (Altitud 2926 m s.n.m. Andahuaylas) y 1.7142 ± 0.04 Trolox CI50 g/100 g (Altitud 2824 m s.n.m. Posocoy). Estos resultados son similares a los encontrados por (Jorge y segura, 2011). Para el fruto de sauco proveniente de la provincia de Tarma dio como resultado 44.19 (% de inhibición de radicales libres), a una altitud de 2800 m s.n.m. y Huancayo 45.65 (% de inhibición de radicales libres), altitud 3300 m s.n.m. estos resultados estadísticamente presentan una diferencia significativa dado que el (valor $-P < 0.05$).

CONCLUSIONES

Se determinó los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas.

- ✓ Se determinó la concentración de los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas. Los resultados obtenidos muestran que los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco existe una diferencia entre Pacucha - Posoccoy y presenta igualdad entre Pacucha - Andahuaylas; Andahuaylas - posoccoy.

- ✓ Se determinó la concentración de la vitamina C en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas. Los resultados nos indican que los frutos de sauco presentan diferencias en el contenido de vitamina C en diferentes altitudes.

- ✓ Se determinó la concentración de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana L.*) en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas. Los análisis de los resultados nos indican que existe una diferencia entre Pachucha – Posoccoy; Andahuaylas– Posoccoy y una igualdad entre Pacucha – Andahuaylas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Una vez realizada la recolección de los frutos de sauco inmediatamente se coloque en refrigeración hasta su uso ya que los frutos de sauco suelen dañarse con mucha rapidez.

- ✓ Para realizar la recolección de los frutos de sauco en mayor cantidad se recomienda realizar la en el mes de febrero y marzo ya que se encuentran en mayor cantidad.

- ✓ Realizar estudios con otros métodos y técnicas del contenido de fenoles totales, vitamina C y capacidad antioxidante del fruto de sauco estudiados en el presente trabajo para determinar si existe o no una diferencia significativa de resultados al aplicar otras metodologías.

- ✓ Los resultados obtenidos incentiva a la población de Andahuaylas a cultivar sauco y poder ser utilizado en la agroindustria puesto que presenta alto contenido de capacidad antioxidante, por su contenido de compuestos fenólicos y vitamina C estos frutos son beneficiosos para la salud también en la actualidad los consumidores prefieren consumir alimentos que cumplen una función importante en la prevención de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abella, I. (200). La magia de los arboles (tercera edición).Austria:Integral.292.p
- Aparcana Ataurima I. M. y Villareal Inca L. S (2014) "Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de *Physalis peruviana* (aguaymanto) de diferentes lugares del Perú". Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de farmacia y bioquímica tesis para optar el título profesional de químico farmacéutico lima-Perú.
- Ancco Rojas P. (2019) " Caracterización de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en los frutos silvestres de *Citharexylum dentatum* D. Don (Yanali) y *Hesperomeles escalloniifolia* Schltld (Capachu)." Universidad nacional José María Arguedas facultad de ingeniería agroindustrial tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial Andahuaylas-Apurímac-Peru.
- Agroagencia vol.51 no.6 MEXICO ago. /sep. 2017 "contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de uvas no nativas para vino cultivadas en zacatecas, MEXICO.
- Aguilar I. (2004). "Especies forestales nativas". 37 pág.Cajamarca Perú: Adefor. Primera edición.
- Arnao, M., Cano A. y Acostada M. (1999). "La Actividad Antioxidante Total en Zumos de Cítricos como Factor de Calidad del Producto Agrícola Vergel".
- Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: 4ta Edición, PEARSON. Barbosa, Cánovas, G., y Vega, H. (2000). *Deshidratación de Alimentos*. Zaragoza-España: Acribia.
- Blanco, C. (2005). Características bromatológicas y evaluación de diferentes niveles de inclusión de morera (*Morus alba* L.) y sauco (*Sambucus nigra* L.). Acceso 20 de octubre del 2016.
- (online:<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6651/00>)

- Brack A.,(2002). "Diversidad biológica y mercados", ponencias conclusiones y recomendaciones. unalm-minaq.Lima-Peru.
- Brack, A. (1999). Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Cusca, PE. Centro de estudios regionales andinos "Bartolomé de las casas" (CBC).550P.
- Cahuana, C. (1991). Elaboración de una bebida alcohólica a partir del sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.)".tesis de pregrado.Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina, lima.
- Campos, G. (2010). Biotecnología industrial y valoración de los recursos genéticos. U.N. A. L. M. Lima-Perú.
- Criado Dabrowska Carolina y Moya Mir Manuel S. (2009): Revista Actualizaciones el Medico "Vitaminas y antioxidantes" Servivios de Medicina Interna Urgencias. Hospital puerta de Hierro-Majadahonda-Madrid Departamento de Medicina de la Universidad Autono.
- Davila T. (2003). "Determinación de Taninos, Vitamina C y Capacidad Antioxidante en Frutas de Carambola". Tesis para optar el grado de Magister. Especialidad de tecnología de alimentos. Escuela de post grado UNALM. Lima (Perú).
- Encina, C. (2006). Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de Aguaymanto (*Physalis peruviana Linnaeus*) para mayor retención de ácido Ascórbico. *Tesis de Magister Scientiae Lima - Perú. UNALM.*
- Fennema, O., Damodaran, S. y Parquin. (2000). *Química de los Alimentos.* Zaragoza- España: Lengua Española. ACRIBIA S.A.
- Jurado T. B., Aparca A. I. M., Villarreal I. L. E., Ramos LL. E., Calixto C., María R., Hurtado M., Paola E., Acosta A. y Katherin M. C. (2016) "Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L) de diferentes lugares del Perú" revista de la sociedad química del Perú vol.82 núm. 3, julio-setiembre, 2016, pp. 272-279 lima, Perú.

- García, T. (2003). "Extracción de antocianinas con solventes acidulados a partir del fruto de sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.)". Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería en Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Gimeno, E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud OFFARM23 (6):80-84.
- Giraldo, J., Sinisterra, J y Murgueitio, E. (2011) Arboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: bancos y forrajeros mixtos.
- Gómez, M. (2010). Desarrollo y evaluación de estrategias analíticas para la caracterización de compuestos bioactivos en alimentos funcionales. Tesis de doctor. Facultad de ciencias químicas analíticas. Universidad de granada. Granada.
- Gutiérrez, Humberto y De la Vara R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. 2da ed. México, Ed. McGraw –Hill interamericana editores S.A, 545p .
- Horna Lissette. (2012). "Capacidad antioxidante in vitro de los flavonoides totales obtenidos de las hojas de *Sambucus peruviana* H.B.K. (sauco), proveniente de la ciudad de Huamachuco". Tesis para optar el grado académico bachiller en Farmacia y Bioquímica, universidad nacional. Trujillo.
- Horbowicz, B. (2008). Anthocyanins of Fruits and Vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. Vegetables Crops Research Bulletin, 68:5-22.
- Icambola, A. (1972). "Un nuevo Cultivar de Carambola" ENGRAPA. Brasilia (Brasil).
- Jorge, E. y Segura, E. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en el fruto de sauco (*Sambucus peruviana* HBK) provenientes de la provincia de Tarma y Huancayo. Tesis de pregrado. Universidad del centro del Perú. Tarma Perú.
- Jurado J. y Muñoz L. (2009). Caracterización del aceite de las semillas de *solanum quitoense* L variedad la selva y evaluación de su actividad antioxidante. Tesis de tecnólogo en Ouímica.Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. 70 p.

- Kahkonen M. y Heinonen M. (2001). Berry phenolics and their Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49, 4076 – 4082.
- Kalt W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 70(2),11-19.
- Kim D., Padilla-Zakour O., Griffiths p. (2004). Flavonoids and Antioxidant Capacity of various cabbage genotypes at juvenile stage. *J. Food Science* Vol 69, n°9,685-689.
- Lovera. Julio C. (2006). "Análisis comparativo de las propiedades físicas y químicas del sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.) evaluadas en dos rangos altitudinales en la parte alta de la cuenca del río Llaucano Cajamarca – Perú". Tesis de pregrado. Facultad de ciencias forestales. Lima.
- Lumba F. (2012). Sauco. Accedido el 23 de abril, 2017, desde http://fannylumba2012.blogspot.pe/2012/08/monografia_24.html.
- Márquez, L., Frank, T., y Carla, P., (2007). "Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutos. *Revista Pueblo cont.* 18(2) 2007.
- Márquez, G. (2011). Capacidad antioxidante y caracterización estructural de las antocianinas de los frutos rojos de *Prunus domestica* L., *Ficus carica* L. Y *Vitis vinifera* L. c.v. "red globe" cultivados en Perú, tesis de grado magister. Universidad nacional mayor de san marcos. Lima Perú.
- Meléndez, A., Bejines, E., Vicario, I. y Heredia, F. (2004). Vitamin C in orange juices determined by HPLC: influence of the wavelength of detection. *Italian Journal of food science*, 16(1), pp.79-85.
- Ministerio de Agricultura y Riego. Portal agrario-recurso forestal., (2009). URL disponible en:
<http://www.poratlagrario.gob.pe/rnnsaucoshtml>.
- Palacios J. (1997). Plantas medicinales nativas del Perú ii. 2da ed. ed. concytec. Lima Perú; pp.: 241-4.
- Palacios, J. (2007). Plantas medicinales nativas del Perú II. Lima Ed. CONCYTEC.
- Pardo del Pino A. (2002). "Determinación de la actividad antimicrobiana y de los principios activos del sauco". Tesis uncp. Huancayo Perú.

- Pineda, A. ; Lázaro, D. y Malanim, C. (1999). "capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos" Rev. Cubana Aliment. Nutr. 13 (2):104-111.
- Prakash, A. (2003). "Antioxidant Activity", medallion Laboratorios Analytical Progress Vol. 19 N° 2 Minneapoli (USA).
- Perú Acorde. (2000). Sauco "estudio económico productivo del Perú". Lima- Perú. Lamina 81 – a. Paj 84
- Quintanar E. y Calderón S. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. Revista de Educación Bioquímica, vol. 28, n° 3. Setiembre, 2009, pp. 89-101 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito federal, México.
- Reátegui, D. (2003). Actividad antioxidante In vitro, determinación de poli fenoles totales de raíz de *Physalis angulata L.* (bolsa mullaca) Iquitos - 2014. Tesis
- Reynel, C.; León, J. (1990). Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de los suelos. Lima, PE. Ministerio de Agricultura/FAO. Tomo I Y II. 405 p.
- Romera M. (2002). "Agricultura ecológica". Wwww. infoagro.com.
- Rosales V. (2005). "Estudios de dendrología de árboles y arbustos nativos del departamento de Junín, zona del valle del Mantaro," ing. forestal de la universidad del centro del Perú, 83 pág.
- Salas Villano 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) " Universidad nacional José María Arguedas facultad de ingeniería agroindustrial tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial Andahuaylas-Apurímac-Peru.
- Sotacuro De La Cruz, R. (2013). Caracterización físicoquímica y concentración de antocianinas en el fruto de *Lacca lacca* (*Gaultheria glomerata* {Cav.} Sleumer). Tesis para optar de ingeniero Agroindustrial. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Huancavelica. Ocobamba, Perú.

- Singleton, V. y Rossi, J. (1995). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - photungstic reagents. *Am. J. enol. Vitic.* 16, 144 – 158.
- Technoserve L. (2004). "Estudio final sub sectorial de mermeladas nativas enCajamarca", lima Perú .
- Tello L. (1984). "Aspectos silviculturales del sambucus peruviana hbk.". Tesis ing. forestal. uncp. Huancayo Perú.
- Urango, R. (2009). Efecto de los compuestos bioactivos e algunos alimentos en la salu. universidad de Antioquia. Medellin. Colombia. pp 27-38
- Villegas N. (2000). "El sauco y sus bondades". edit. Idma, Abancay Perú.
- Zafra Stone S., Yasmin T. y Bagchi M. (2007). Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol. Nutr. Food Res.*; 51(6):675-683.
- Zamudio A. (2002). "Obtención de semillas y materiales vegetativo de árboles y arbustos. Proyecto escuela, ecología y comunidad campesina". lima-Perú. 20 pág.
- Zavaleta M. y Juana C. (2005). Capacidad antioxidante y determinación de ácidos fenólicos y flavonoides en 8 alimentos nativos peruanos del Perú. Tesis de postgrado. Lima: escuela de Post Grado – Especialidad de Bioquímica y Nutrición, Facultad de medicina humana.

ANEXO

Anexo 1. Resultados de los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733_CUSCO-PERU Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco 23 de Enero 2019

Solicitantes : Olga Condor Aquisé
Tipo de Análisis : Determinación de compuestos Fenolicos Totales
Metodo : Folin Ciocalteu.
Tipo de Muestras : Frutos de Sauco
Cantidad de Muestra : 3 muestras con 100 gr aproximadamente de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotometro

Equipo : Espectrofotometro Genesis 20 Thermo Electron
Longitud de Onda : 765 nm
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm
Ecuacion de la curva patrón : $y = 0.0355x + 0.0003$, $R^2 = 0.9999$

Frutos de Sauco	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	EQ-Ac. Galico mg/100g
1	356.85	345.58	348.96	362.48	328.68	348.51
2	342.20	341.07	351.21	335.44	330.93	340.17
3	335.44	333.18	332.06	335.44	337.69	334.76

Nota: Los resultados obtenidos fue realizado por quintuplicado, la cuantificación se basó utilizando un estándar Acido Galico, expresa los gramos en equivalentes de Acido galico que están presente en 100 g de muestra. La metodología utilizada es de acuerdo a: (con algunas modificaciones.)

1. Vernon L.Singleton, Rudolf Orthofer, Rosa M. Lamuela-Raventós 1999 Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent Methods in Enzymology Volume 299, 1999, Pages 152-178
2. Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds J Agric Food Chem. 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
3. Huang, R. T., Lu, Y. F., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2015). Determination of phenolic acids and flavonoids in *Rhinacanthus nasutus* (L.) kurz by high-performance-liquid-chromatography with photodiode-array detection and tandem mass spectrometry. *Journal of Functional Foods*, 12, 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.002>
4. *Raphanus raphanistrum* L Sulu Ekstresinin Antioksidan Aktivitesi ve Total Fenolik İçerigi. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de <http://www.turkjps.org/archives/archive-detail/article-preview/antoxdant-actvty-and-total-phenolic-content-of-aque/12445>



Quim. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CGP - 914

Anexo 2. Resultados de la vitamina C en el fruto de sauco.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERU Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco 23 de Enero del 2019

Solicitantes : Olga Condor Aquisé
Tipo de Análisis : Determinación de Vitamina C
Metodo : Cromatografía HPLC
Tipo de Muestras : Frutos de Sauco
Cantidad de Muestra : 3 muestras con 100 gr aproximadamente de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.
Condiciones de Análisis por HPLC
Cromatógrafo: Agilent serie 1200
Software: Chemstation V03.02
Columna: Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6 x 250mm, 5µm
Pre Columna: Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6d x 12.5 mm x 5µm
Flujo de Columna: 1.0 ml/min.
Solvente A: Acetato de Amonio 100mM
Solvente B: Acetonitrilo
Sistema de Análisis: Isocrático: 90% A y 10% B
Detección DAD: 270 nm
Temperatura del Horno: 25.0°C
Tiempo de Análisis: 10 min.
Volumen de Inyección: 1.0 µl

Muestras	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	Vitamina C mg/100g
1	3.95	3.75	3.69	3.80
2	3.29	3.35	3.23	3.29
3	1.82	1.74	1.69	1.75

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de Vitamina C por HPLC es por triplicado, expresa los miligramos de vitamina C encontrados en 100 gr de muestra frente a una curva patrón de Acido Ascórbico. La metodología desarrollada es con algunas modificaciones según la literatura.

1. Frenich, A. G., Torres, M. E. H., Vega, A. B., Vidal, J. L. M., & Bolaños, P. P. (2005). Determination of Ascorbic Acid and Carotenoids in Food Commodities by Liquid Chromatography with Mass Spectrometry Detection. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(19), 7371–7376. <https://doi.org/10.1021/jf050973o>.
2. Valle Colchao M.E 2011 Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate (Solanum lycopersicum v. Dominator) REVISTA ECIPERU ISSN: 1813 - 0194 Volumen 8, número 1, Pag. 48, Enero 2011.
3. Younes K. M, Basha M. A, Salem M. Y. Spectrophotometric and chromatographic methods for the simultaneous determination of rutin and ascorbic acid in their pharmaceutical formulation Der Pharma Chemica, 2014, 6 (2):111-121 Available online at www.derpharmachemica.com
4. Separation of Ascorbic Acid and Dehydroascorbic Acid on NUCLEODUR® HILIC Application 122940 HPLC department MACHERY-NAGEL, Germany 2018. www.mn-net.com



Quira, Jorge Choquehualpa Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914

Anexo 3. Resultados de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERU Contacto: 973868855

RESULTADOS

Cusco 23 de Enero 2019

Solicitantes : Olga Condor Aquise
 Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante
 Metodo : DPPH.
 Tipo de Muestras : Frutos de Sauco
 Cantidad de Muestra : 3 muestras con 100 gr aproximadamente de cada uno
 Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotometro

Equipo : Espectrofotometro Genesis 20 Thermo Electron
 Longitud de Onda : 517 nm
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.
 Ecuacion de la curva patrón : $y = 0.0578x + 0.0047$, $R^2 = 0.9997$

Frutos de Sauco	Repeticiones					Promedio	
	1	2	3	4	5	Trolox CI50 gr/100gr/Fruto de Sauco	CI50 Trolox mmol/100gr/Fruto de Sauco
1	1.1407	0.9417	1.0051	1.0414	1.0640	1.04	4.15
2	1.1651	1.1072	1.0594	1.0876	1.1199	1.11	4.43
3	1.7150	1.7456	1.6684	1.7150	1.7271	1.71	6.85

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por quintuplicado, expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (CI₅₀ o IC₅₀) en gramos equivalentes Trolox que están presente en 100g de muestra. La metodología utilizada es de acuerdo a: (con algunas modificaciones.)

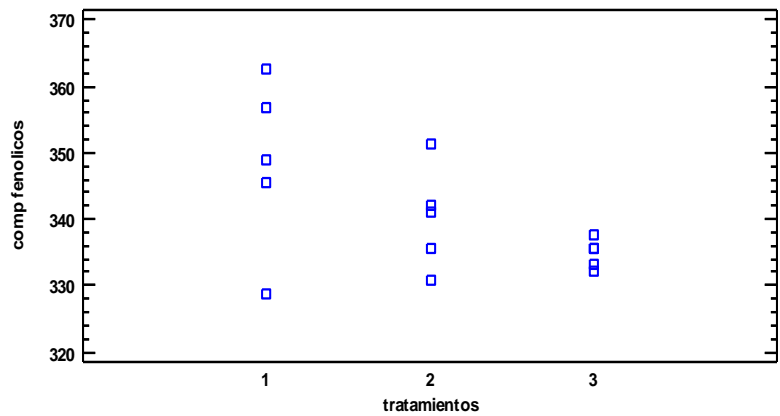
- Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997)-Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensm. Wiss. U. Technol, 28, 25-30.
- Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia Agricultural Sciences Vol.4, No.5B, 46-51.
- Philip Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Songklanakarin J. Sci. Technol., 26(2) : 211-219.



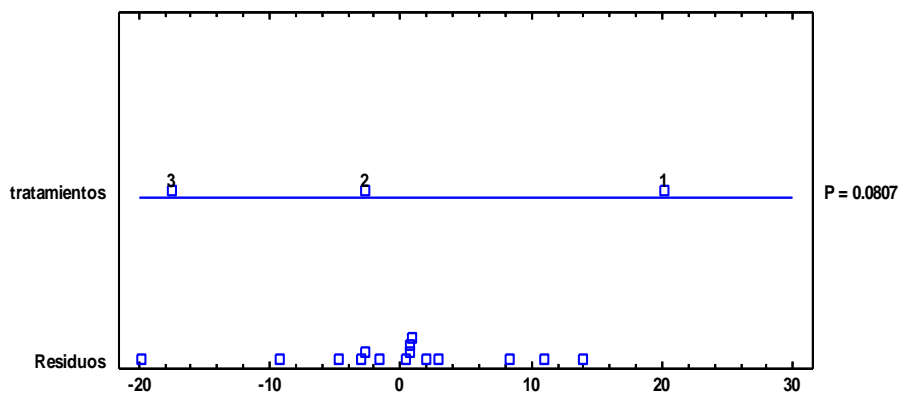
Guim, Jorge Choquenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – UNSAAC.
 CGP - 914

Anexo 4. Análisis de varianza ANOVA diagrama de dispersión de los

Dispersión por Código de Nivel

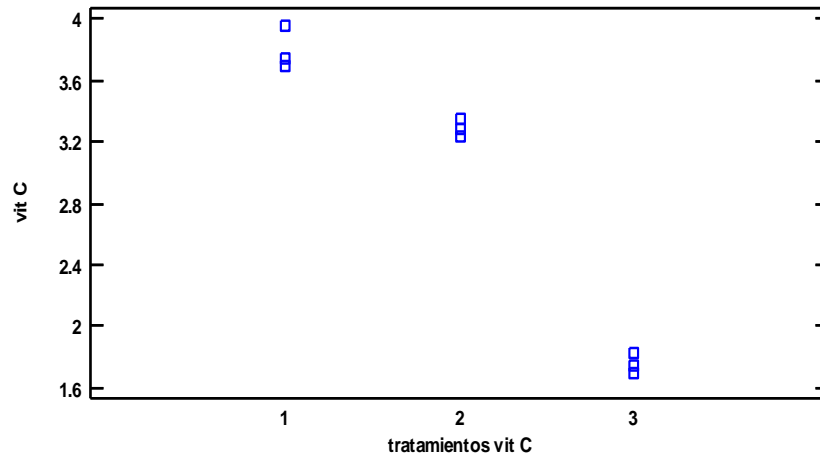


ANOVA Gráfico para comp fenolicos

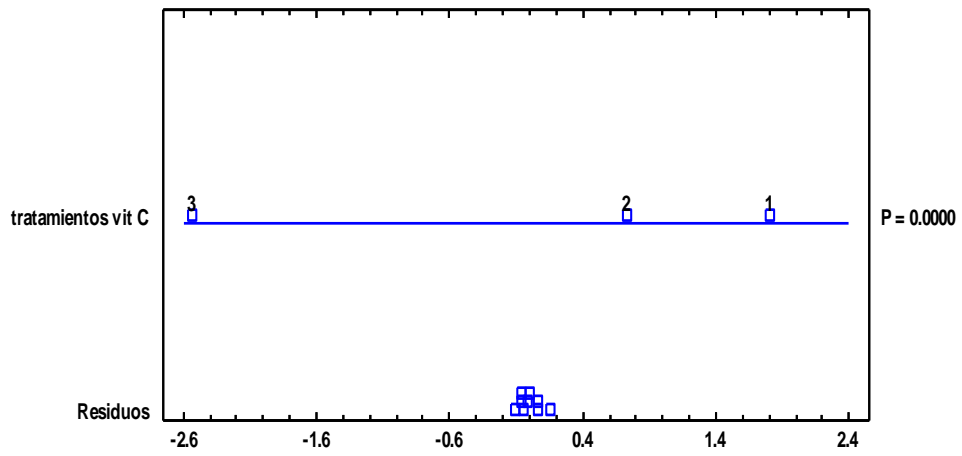


Anexo 4. Análisis de varianza ANOVA diagrama de dispersión de la vitamina C en el fruto de sauco.

Dispersión por Código de Nivel



ANOVA Gráfico para vit C



Anexo 6. Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Definición de operaciones					
				Variables	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento de medición	Diseño de método
G	¿Cuál es la concentración de los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante del fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac?	Determinar los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	La concentración de los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos totales, vitamina C) y capacidad antioxidante varían significativamente en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	Independientes: - Altitud 3,125 m s.n.m. (Pacucha) - Altitud 2,926 m s.n.m. (Andahuaylas) - Altitud 2,824 m s.n.m. (Posoccoy)	Análisis físico	Frutos de sauco	Recolección	Altímetro	Experimental
E1	¿Cuánto es la concentración de los compuestos fenólicos totales del fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac?	Determinar la concentración de los compuestos fenólicos totales en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	La concentración de los compuestos fenólicos totales varía significativamente en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	Dependiente: Compuestos fenólicos totales	Análisis Químico	Cantidad de compuestos fenólicos totales en Longitud de onda (λ) valor escala Absorbancia (nm) expresadas en mg ácido gálico/100 g de fruto fresco	espectrofotometría	Espectrofotómetro UV-visible	Experimental
E2	¿Cuánto es la concentración de la vitamina C del fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac?	Determinar la concentración de la vitamina C en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	La concentración de la vitamina C varía significativamente en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	Dependiente: Vitamina C	Análisis Químico	Cantidad de vitamina C en Longitud de onda (λ) valor escala Absorbancia (nm) expresadas en mg ácido ascórbico/100 g de fruto fresco	HPLC	HPLC	Experimental
E3	¿Cuánto es la capacidad antioxidantes del fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac?	Determinar la concentración de la capacidad antioxidante en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	La concentración de la capacidad antioxidante varía significativamente en el fruto de sauco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) recolectados a diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas - Apurímac.	Dependiente: Capacidad antioxidante	Análisis Químico	Capacidad antioxidante Absorbancia (nm) en Longitud de onda (λ) valor escala Absorbancia (nm) expresadas en μ g eq. trolox/g de fruto fresco	espectrofotometría	Espectrofotómetro UV-visible	Experimental

Anexo 7. Recolección del fruto de sauco cultivadas en cercos de terrenos.



Imagen 1: Recolección del fruto de sauco en estado maduro



Imagen 2: Racimos de sauco en estado maduro para realizar el análisis de compuestos fenólicos totales, vitamina C y capacidad antioxidante.

Anexo 8. Análisis de laboratorio de compuestos fenólicos totales, vitamina C y capacidad antioxidante en el fruto de sauco el análisis se llevó en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



Imagen 3: Muestras de frutos de sauco recolectados en diferentes altitudes de la provincia de Andahuaylas para la determinación de compuestos fenólicos totales (previamente se realiza una selección de los mejores frutos sin daños)



Imagen 4: Una vez seleccionado los frutos de sauco se realiza el pesado 1 g de cada uno de las muestras.



Imagen 5: Una vez realizado el pesado de 1g de las muestras de frutos de sauco se tritura con un mortero para luego añadirle 10 ml de metanol al 70%.



Imagen 6: Almacenamiento de los homogenizados por 24 horas en oscuridad (se cubrió las muestras con papel de aluminio para evitar la luz).

Anexo 9. Imágenes de la parte experimental de la capacidad antioxidante en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco



Imagen 7: Captación de radicales libres compuestos antioxidantes de la muestra a ensayar, reaccionaran con el radical estable 2,2 difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) que se encuentra en una solución de metanol.

Anexo 10. Imágenes de la parte experimental de la vitamina C en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



Imagen 8: La imagen muestra el filtrado de las diferentes muestras del fruto de sauco para luego colocarlo en el equipo HPLC y así determinar la vitamina C.



Imagen 9: Equipo HPLC en donde se determinó la vitamina C del fruto de sauco en el Laboratorio de Universidad San Antonio Abad del Cusco.

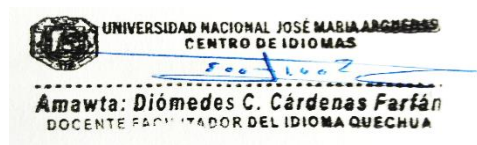
CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE EL PRESENTE DOCUMENTO, Prof. DIOMEDES CAYO CARDENAS F. hace constar que:

Se ha traducido del idioma español a la lengua quechua el resumen de la tesis titulado: **COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE SAUCO (*Sambucus peruviana L.*) RECOLECTADOS EN DIFERENTES ALTITUDES DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS – APURIMAC**. Para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial, dicho trabajo corresponde ala bachiller en Ingeniería Agroindustrial **OLGA CONDOR AQUISE**, egresado de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas.

Se emite la presente constancia a petición de la interesada.

Andahuaylas, 02 de octubre de 2020



Prof. Diómedes Cayo Cárdenas F.

TRADUCTOR