

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



PRESENTADO POR:

Br. ABELARDO YANAHUILLCA VARGAS

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS) DE LOS FRUTOS SILVESTRES: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr) y Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider).

ASESOR

Ing. MSc. LIGARDA SAMANEZ, Carlos Alberto

TESIS PARA OPTAR TITULO DE PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS - APURÍMAC – PERÚ

2019

APROBACIÓN DEL ASESOR



APROBACIÓN DEL ASESOR

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

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, ABELARDO YANAHUILLCA VARGAS ha culminado informe final de tesis intitulado: DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS) DE LOS FRUTOS SILVESTRES: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr) y Pacra (*Hesperomeles pilsensis* C.Schneider)" para optar el Título Profesional de Ingeniero de Agroindustrial.

Andahuaylas, 23 de diciembre del 2019.

Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Asesor

Br. Abelardo Yanahuilca Vargas
Tesista

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTECIDAD



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTECIDAD

Yo, Abelardo Yanahuilca Vargas identificado (a) con DNI N° 71527312 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

.....
Declaro bajo juramento que el informe final de Tesis Titulado: "DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS) DE LOS FRUTOS SILVESTRES: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr) y Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Schneider)" 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, 23 de Diciembre del 2019

.....
N° DNI: 71527312
E-mail: Abelardoyv2017@gmail.com
N° Celular: 928643967

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



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 10:00 horas del día martes 17 de diciembre del año 2019, se reunieron los docentes: MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Mg. Fredy Taípe Pardo, MSc. David Choque Quispe, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS) DE LOS FRUTOS SILVESTRES: SIRACA ROJA (*RUBUS URTICIFOLIUS POIR*), SIRACA NEGRA (*RUBUS SPARCIFLORUS J. F MACBR*) Y PACRA (*HESPEROMELES PALSENSIS C. SCHNEIDER*)", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ABELARDO YANAHUILLCA VARGAS**, el asesor MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: Aprobar por unanimidad al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ABELARDO YANAHUILLCA VARGAS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
16	Dieciséis	Muy Bueno

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

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Presidente del Jurado Evaluador

Mg. Fredy Taípe Pardo
Primer Miembro del Jurado Evaluador

MSc. David Choque Quispe
Segundo Miembro del Jurado Evaluador

APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: "DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS) DE LOS FRUTOS SILVESTRES: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr) y Pacra (*Hesperomeles pilsensis* C.Scheneider)." Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: MSc. Ing. Fidelia Tapia Tadeo

PRIMER MIEMBRO: Mg. Ing. Fredy Taipe Pardo

SEGUNDO MIEMBRO: MSc. Ing. David Choque Quispe

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 17 del mes de diciembre de 2019

Andahuaylas, 23 de diciembre del 2019.

Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Presidente del Jurado Evaluador

Ing. Mg. Fredy Taipe Pardo
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Ing. MSc. David Choque Quispe
Segundo Miembro del Jurado Evaluador

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación y en general mi título profesional de Ingeniero Agroindustrial dedico a mis padres: Rubén Yanahuilca Rivas y Genoveva Vargas Aguilar, mis hermanos Juvencio y Tania. Su apoyo incondicional es y ha sido siempre muy importante.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por guiarme por la senda del buen camino, por darme las fuerzas a pesar de tantas dificultades para seguir adelante, por darme salud y por tanta bendición.

- ✓ A la Universidad Nacional José María Arguedas, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en donde mis días de estudiante se plasmó en momentos inolvidables.
- ✓ A mis profesores quienes durante los 5 años de mi formación profesional compartieron sus grandes conocimientos inculcando a la responsabilidad, puntualidad y el respeto.
- ✓ A mi asesor de tesis Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez por sus consejos, su dedicación, comprensión y apoyo durante todo el desarrollo de la tesis.
- ✓ A mis padres Rubén y Genoveva, por el enorme esfuerzo que realizaron durante todo este tiempo, por su orientación, el cariño y motivación.
- ✓ A mi hermano Juvencio por su motivación, por sus sabios consejos, por haberme inculcado a la vida universitaria, por corregir mis errores en los momentos más difíciles, por su dedicación y tiempo.
- ✓ A mi hermana Tania, por ser la razón de mis alegrías. Por contagiar esa sonrisa, el cariño y el amor que a pesar de su corta edad es toda una bendición.
- ✓ A mis compañeros, amigos de la universidad con quienes pasamos momentos que jamás se borrarán, por esa iniciativa de lograr uno de los objetivos más difíciles que nos tocó realizar.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL ASESOR	ii
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTECIDAD	iii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	iv
APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRAC	xiv
CHUMASQA.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	4
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	7
3.1. Bases teóricas.....	7
3.1.1. Frutos Silvestres	7
3.1.1.1. Clasificación taxonómica de las plantas silvestres utilizadas en la investigación.....	7
3.1.2. Compuestos bioactivos	8
3.1.3. Antioxidantes.....	9
3.1.3.1. Clasificación de los antioxidantes	9
3.1.3.2. Clasificación de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad.....	10

3.1.3.3. Radicales libres.....	10
3.1.4. Frutas como fuente de antioxidantes	11
3.1.5. Propiedades antioxidantes en alimentos	11
3.1.6. Técnicas para la determinación de la actividad antioxidante	12
3.1.7. Compuestos fenólicos.....	13
3.1.8. Clasificación de los compuestos fenólicos.....	14
3.1.8.1. Compuestos fenólicos en alimentos	15
3.1.9. Métodos para la determinación de los compuestos fenólicos.....	16
3.2. Marco conceptual.....	16
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
4.1. Lugar de ejecución	18
4.2. Población y muestra	18
4.2.1. Población.....	18
4.2.2. Muestra y muestreo.....	18
4.2.3. Unidad de análisis.....	18
4.3. Materiales, instrumentos y equipos.....	19
4.4. Tipo de investigación.....	22
4.5. Métodos de análisis	22
4.6. Metodología experimental	23
4.7. Diseño experimental	29
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	44
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	45
ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los antioxidantes.....	10
Tabla 2: Clasificación de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad	10
Tabla 3: Clasificación de los compuestos fenólicos.....	14
Tabla 4: Lista de equipos e instrumentos de investigación.....	19
Tabla 5: Lista de materiales para la investigación.....	20
Tabla 6: Lista de recursos no disponibles.....	21
Tabla 7: Lista de reactivos e insumos disponibles.....	21
Tabla 8: Datos para la curva estándar de solución Trolox.....	24
Tabla 9: Datos para la curva de calibración.	26
Tabla 10: Matriz de diseño experimental.....	29
Tabla 11: Tabla de ANOVA para DCA	30
Tabla 12: Resultados del porcentaje de humedad de los frutos silvestres	32
Tabla 13: Resultados de pH de los frutos silvestres.....	33
Tabla 14: Resultados de los sólidos solubles totales.	34
Tabla 15: Acidez total de los frutos silvestres.....	36
Tabla 16: Índice de madurez de los frutos silvestres.....	37
Tabla 17: Resultados de capacidad antioxidante de los frutos silvestres.	38
Tabla 18: Resultado de los fenoles totales de los frutos silvestres.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante....	13
Figura 2: Ejemplos de estructuras de compuestos fenólicos	14
Figura 3: Diagrama de flujo de la metodología experimental para la determinación de la capacidad antioxidante y fenoles totales	28
Figura 4: Comparación de medias del porcentaje de humedad.	32
Figura 5: Comparación de medias de pH.	33
Figura 6: Comparación de medias de sólidos solubles totales.....	35
Figura 7: Comparación de medias de acidéz (g de ácido cítrico).....	36
Figura 8: Comparación de medias de índice de madurez	37
Figura 9: Comparación de medias de Tukey para la capacidad antioxidante de los frutos silvestres.	39
Figura 10: Comparación de medias de Tukey HSD para fenoles totales de los frutos silvestres	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Cálculo de los resultados de la determinación del % de humedad de los frutos silvestres.....	50
ANEXO 2: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de la humedad de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.	51
ANEXO 3: Cálculo de los resultados del pH y sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos silvestres.....	52
ANEXO 4: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey del pH de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.	53
ANEXO 5: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de la °Brix de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.....	54
ANEXO 6: Cálculo de los resultados del acidéz total de los frutos silvestres.....	55
ANEXO 7: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey para acidez total de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.....	56
ANEXO 8: Cálculo de resultados para índice de madurez de los frutos silvestres.	57
ANEXO 9: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de índice de madurez de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.	58
ANEXO 10: Grafica de curva estándar de calibración Trolox de la capacidad antioxidante. Absorbancia	59
ANEXO 11: Resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres.	60
ANEXO 12: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de capacidad antioxidante de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.....	61
ANEXO 13: Cálculo de los resultados para determinar los fenoles totales.....	62
ANEXO 14: Curva de calibración de fenoles totales.....	63
ANEXO 15: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey para fenoles totales de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.	64
ANEXO 16: ANEXOS FOTOGRÁFICOS	65
ANEXO 17: Recolección de los frutos silvestres en frasco Ámbar	66
ANEXO 18: Imagen de determinación de humedad de los frutos silvestres	67
ANEXO 19: Imágenes de la determinación de °Brix.....	68
ANEXO 20: Imágenes de la parte experimental de la determinación de los compuestos fenólicos de los frutos silvestres	69

ANEXO 21: preparación de los reactivos.	70
ANEXO 22: Imágenes del laboratorio de UNSAAC	71
ANEXO 23: Constancia del análisis de capacidad Antioxidantes	72

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

A •	: Radical estable
Abs	: Absorbancia de la muestra
ABTS	: Acido 2,2'- Azinobis (3- etilbenzotiazolín) -6 sulfónico)
AGE	: Ácido gálico equivalente
AH	: Antioxidante
ANOVA	: Análisis de varianza
AOAC	: Asociación de los químicos analíticos oficiales
cm	: Centímetros
DCA	: Diseño completamente al azar
DF	: Factor de dilución
DPPH	: 1,1- difenil-2- picrilhidrazilo
F.V	: Fuente de variabilidad
G	: gramos
Ha	: Hipótesis alterna
Ho	: Hipótesis nula
I.M	: Índice de maduréz
KCl	: Cloruro de Potasio
L	: Litros
LSD	: Least significant difference
M	: Metros
m.s	: Materia seca
MAE	: Muestreo aleatorio estratificado
mg	: Peso de la muestra en gramos
ml	: Mililitros
N	: Normalidad
nm	: Nanómetros
P	: Peso de la muestra
pg	: Peso de la muestra en gramos
pH	: Potencial de hidrogeniones.
V	: Volumen de muestra
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
µl	: Micro litro

T	: Tratamientos
Uv	: Ultravioleta visible
R	: Repeticiones
V	: Volumen final en litros
pms	: Peso de la muestra seca
pmh	: Peso de la muestra húmeda
L •	: Radical libre
LO •	: Radical alcoxi
LOO •	: Radical peroxilo
μ	: Media global
τ_i	: Medición que corresponde al tratamiento i
ϵ_{ij}	: Error atribuible a la medición
ORAC	: Oxígeno radical absorbancia capacity
C	: Grosor de la cubeta en cm

RESUMEN

En la actualidad existe el uso excesivo de los insumos químicos y colorantes sintéticos, los cuales están teniendo efectos negativos en la salud de la humanidad debido a que están generando los radicales libres en el organismo.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los fenoles totales y la capacidad antioxidante de los frutos silvestres: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr), y Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider). Los frutos fueron recolectados en el sector de Muchkani ubicado en el Centro Poblado de Cotahuacho del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas, Apurímac. Para determinar la capacidad antioxidante de los frutos silvestres se utilizó la metodología de decoloración de radical DPPH y como estándar la curva de calibración de Trolox; para determinar los fenoles totales se utilizó el método espectrofotométrico con el reactivo folin ciocalteu y como estándar de los fenoles el ácido gálico.

Los datos obtenidos fueron tabulados y evaluados a través del análisis de varianza ANOVA y tes de Tukey con un nivel de confianza del 95%. De los análisis se obtuvieron los siguientes resultados: el fruto con mayor capacidad antioxidante fue el fruto de Pacra con 405.85 (mg eq* trolox/100g de fruto fresco), seguido por Siraca Negra con 240.7 (mg eq* trolox/100g de fruto fresco) y con menor capacidad antioxidante el fruto de Siraca Roja con 185.1 (mg eq* trolox/100g de fruto fresco); en cuanto al contenido de fenoles totales fue de la siguiente manera: el fruto de Siraca Negra 1560.48 mg de AGE/100g de fruto fresco seguido por el fruto de Siraca Roja con 1452.07 mg de AGE/100g de fruto fresco y por último el fruto de Pacra con 1307.08 mg de AGE/100g de fruto fresco.

Se concluye que el fruto con mayor capacidad antioxidante fue el fruto de Pacra seguido por Siraca Negra y Siraca Roja, en cuanto al contenido de fenoles totales el fruto con mayor contenido de fenoles totales fue el fruto de Siraca Negra seguido por Siraca Roja y finalmente el fruto de Pacra.

Palabras claves: *Frutos silvestres, antioxidantes, compuestos bioactivos.*

ABSTRAC

At present there is excessive use of chemical inputs and synthetic dyes, which are having negative effects on the health of mankind because they are generating free radicals in the body.

The present investigation aimed to determine the total phenols and antioxidant capacity of wild fruits: Red Siraca (*Rubus urticifolius* Poir), Black Siraca (*Rubus sparciflorus* J. f Macbr), and Pacra (*Hesperomeles palsensis* C. Scheneider). The fruits were collected in the Muchkani sector located in the Town Center of Cotahuacho in the district of Pacucha, province of Andahuaylas, Apurimac. To determine the antioxidant capacity of wild fruits, the DPPH radical bleaching methodology was used and as a standard the Trolox calibration curve; To determine the total phenols, the spectrophotometric method was used with the folin ciocalteu reagent and as a standard for phenols, gallic acid.

The data obtained were tabulated and evaluated through the ANOVA and Tukey tes analysis of variance with a 95% confidence level. The following results were obtained from the analyzes: the fruit with the highest antioxidant capacity was Pacra with 405.85 (mg eq * trolox / 100gr of fresh fruit), followed by Siraca Negra with 240.7 (mg eq * trolox / 100gr of fresh fruit) and with lower antioxidant capacity the fruit of Siraca Roja with 185.1 (mg eq * trolox / 100gr of fresh fruit); As for the greater content of total phenols, it was the fruit of Siraca Negra 1560.48 mg of AGE / 100g of fresh fruit followed by the fruit of Siraca Roja with 1452.07 mg of AGE / 100g of fresh fruit and finally the fruit of Pacra with 1307.08 mg AGE / 100g of fresh fruit.

It is concluded that the fruit with the highest antioxidant capacity was the fruit of Pacra followed by Siraca Negra and Siraca Roja, in terms of total phenolic content the fruit with a high phenolic content was the fruit of Siraca Negra followed by Siraca Roja and finally the fruit of Pacra.

Keywords: wild fruits, antioxidants, bioactive compounds.

CHUMASQA

Kunan qipa watakunapim anchata wiñarirun tukuy colorantekuna hinataq kay insumukunawan llamkariy mikuykuna ruwarinapaq. Chaykunataqmi hatarichichkan mana allin onquykunata runakunapa kawsaynimpi kay radicales libres nisqanta hatarichispa. Chay raykum kay qillqapi qawarichisqa imaynas kachkan kay antioxidantenkuna hinataq compuesto biactivo fenoles nisqankuna kay purun rurukunapa: puka sirankay (*Rubus urticifolius* Poir), yana sirankay (*Rubus sparciflorus* J. f Macbr) chaynataq Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider). kay rurukunatam huñumuni muchkani muqumanta qotawachu llaqtamanta, distrito Pacucha nisqanmanta qinataq provincia Andahuaylasmanta.

Chay capacidad antioxidanten qawarinapaqtami akllarirqani kay método radical DPPH nisqanta chaywantaqmi imaynatach kay llimpin kutirin chayta qawarinapaq hinallataq muyuriq qatipanapaq kay trolox nisqanwan. Chay fenoles totales nisqan tarinapaqtaq kay método espectrofotométrico nisqanwan huk hatarichir folin Ciocalteu nisqanta hapirispay kay ácido galicu nisqanwan.

Chay qawariyta ruwaruspataqmi qatipakurqa kay análisis de varianza ANOVA nisqanwan chaynallataq tes de Tukeypiwan. Chaytaqmi karqa huk 95% nisqa tupachinapaq hinataq. Chaypim tarirukurqa kay antioxidante nisqanta kay pacra nisqan rurupi 405.85 (mg eq* trolox/100g llullu ruru), qatinqinñataqmi karqa kay yana sirankay rurupaq 240.7 (mg eq* trolox/100gr llullu ruru) tukupanñataq puka sirankay pisi antioxidantiyuq 185.1 (mg eq* trolox/100gr llullu ruru); chaynallataqmi kay fenoles totales nisqampaq tarirukurqa puntakaq nisqanpi kay yana sirankay niswan ruru 1560.48 mg de AGE/100g llullu ruru nisqanwan, hinallataq qipanta kay puka sirankay nisqan 1452.07 mg de AGE/100g llullu ruru chaynallataq pacra nisqan ruru 1307.08 mg de AGE/100g llullu ruru nisqanwan.

Kay rurukunam astawanqa allin qawasqa kachkan imapas musuq mikuykuna qispichinapaq chaynallataq imapas bebida nisqan ruarinapaq. Chayqa astawan yanapakuna kanqa kay rurukuna mana chinkanampaq.

Tiksi rimaykuna: purun rurukuna, antioxidantekuna, compuesto bioactibokuna.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el interés de los mercados es obtener productos novedosos de alta calidad y que sean producidos naturalmente y que genere el interés del consumidor. Una de las alternativas de la alimentación natural es el consumo de los frutos silvestres pigmentados de una variedad de colores que demuestran por el contenido de las antocianinas, que son antioxidantes. El efecto protector de los alimentos de origen vegetal se ha atribuido a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante lo cual es frecuentemente olvidado en las recomendaciones alimentarias.

Los frutos silvestres crecen de forma natural en los bosques adaptándose a su hábitat, reproduciéndose a través del viento, la polinización y la intervención de animales que comen por atracción de los colores de los frutos. En el bosque de Muchkani ubicado en el Centro Poblado de Cotahuacho del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas, Apurímac se logró identificar los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra, de los cuales no se sabe de sus propiedades, sin embargo, la población lo consume de manera directa debido a que sus características organolépticas como: sabor y color son agradables.

Por ello la presente investigación tuvo como objetivo general:

- ✓ Determinar la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos (fenólicos) de los frutos silvestres: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr), Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider).

Como objetivos específicos:

- ✓ Determinar la capacidad antioxidante Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr), Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider).
- ✓ Determinar los fenoles totales de los frutos silvestres: Siraca Roja (*Rubus urticifolius* Poir), Siraca Negra (*Rubus sparciflorus* j. f Macbr), Pacra (*Hesperomeles palsensis* C.Scheneider).

En el primer capítulo que lleva por título Planteamiento de la Investigación, describe el planteamiento del problema.

En el segundo capítulo denominado Antecedentes comprenden los antecedentes internacionales, antecedentes nacionales y antecedentes locales.

El tercer capítulo denominado marco teórico contiene las bases teóricas y marco conceptual.

En el cuarto capítulo contiene la Metodología de Investigación, el cual comprende el lugar de ejecución, materiales de investigación, población y muestra, tipo de investigación, metodología experimental y diseño experimental.

En el quinto capítulo se desarrollan los Resultados y Discusiones de la determinación de capacidad antioxidante y fenoles totales de los frutos silvestres. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones generadas en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia, la alimentación ha sido una de las mayores preocupaciones de la población, principalmente en sectores donde la ubicación o situación geográfica, política o demográfica entre otras, ha limitado su derecho y oportuno acceso a una buena alimentación.

El uso de las plantas silvestres como fuente de una alimentación ha venido desde las civilizaciones anteriores con la variación de intensidad en las diferentes culturas. Los conocimientos tradicionales varían de acuerdo al lugar del estudio y vivencia de cada pueblo, y está relacionado con el medio ambiente y las distintas culturas de cada país. Es así que las plantas silvestres cumplen un rol importante en la vida de los pueblos indígenas en cada rincón del país. (Hadjichambis y col., 2008).

Las plantas silvestres han sido muy utilizadas en la alimentación de muchos de los pueblos indígenas utilizando sus conocimientos ancestrales los cuales en el tiempo ya están siendo investigado y puesto en valor nuevamente debido a que poseen un valor en su composición. (Tardío y col., 2006).

En Apurímac, estos frutos crecen de manera silvestre, lo cual no es aprovechado por los pobladores de la zona por desconocimiento de sus propiedades, es por ello que en esta investigación se ha puesto el interés en estos frutos, la cual logrará incentivar en el futuro a estudiantes, de más interesados en aprovechamiento agroindustrial de estos frutos y así será valorizado en el mercado nacional e internacional.

Considerando estos aspectos, se propone determinar la capacidad antioxidante y los fenoles totales de los frutos silvestres: Siraka Roja, Siraka Negra y Pacra. .

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes Internacionales

Aldaba *et al.*, (2016), determinó la funcionalidad del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.), evaluó la capacidad antioxidante y los fenoles totales utilizando el método de Folin Ciocalteu a 765 nm en espectrofotómetro, como resultado muestra de la siguiente manera: el contenido de humedad con un valor medio de 81,5 %. En cuanto a la actividad antioxidante, los resultados muestran 23200 (μg de Trolox/100g) de fruta fresca; en cuanto al contenido de fenoles totales fue 1681 (mg de ácido gálico/100g) de Fruta fresca, e indicó que el arándano azul (Blueberry) ocupa los primeros lugares entre los alimentos vegetales con alto capacidad antioxidante.

Barrios (2007), evaluó el efecto sobre las características físicas y químicas de frutos de arándano cv. Elliot (*Vaccinium Corymbosum* L) bajo mallaje de sombra para el control de la madurez, obteniendo los siguientes resultados: para índices de madurez de frutos de arándano cv. Elliot bajo luz es (7,59); acidez titulable (1,49) g de ácido cítrico; pH (2,90), sólidos solubles (10,40) ° brix; en cuanto al contenido de fenoles totales de frutos de arándano cv. Elliot (2454,76 mg eq. ácido gálico/100 g de peso fresco); capacidad antioxidante es 4300 (mg Equivalente Trolox /100 g fruta fresca). Concluyó que el índice de madurez del fruto hace que los contenidos de la capacidad antioxidante sean mayores.

Martínez (2016), evaluó la capacidad antioxidante de frambuesas comerciales, utilizando métodos ecológicos y tradicionales. La actividad antioxidante se determinó por el descenso de la absorbancia a 517 nm de una solución metanólica de radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) en presencia de extracto de frambuesa, usando la curva estándar de Trolox como blanco. Obtuvo resultados de sólidos solubles en frambuesas tradicionales 9.2 y frambuesas ecológicas 7.1 (° brix); Los fenoles totales en cultivo de Frambuesa tradicional es 243 mg AGE /100 g y Ecológico 285 (mg AGE /100 g); La capacidad antioxidante de 690 (μg Eq Trolox /100 g fruto fresco), en cultivo tradicional y cultivo ecológico 820 (μg Eq Trolox /100 g fruto fresco). Concluyó que las frambuesas cultivadas ecológicamente presentan mayor capacidad antioxidante y fenoles totales.

Pino (2017), evaluó las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), Obtuvo los resultados de pH es ALB-12 (3,06), AET-10 (3,09); Acidéz titulable AET-10 (1,09), ALB-12 (1.18); índice de maduréz ALB-12 (12,83) , AET-10 (13.57), Los contenidos de fenoles totales para ALB-12 es (302,0), AET-10 (332.8), mg de equivalente ácido gálico /100; y concluyó que los clones de madurez tardía tienen menor nivel de sólidos solubles y pH, una mayor acidez titulable que los de maduración semitardía, e indica que influye en el contenido de los fenoles totales.

Antecedentes nacionales

Price *et al.*, (2017), evaluó el efecto del refrigerado y congelado en el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante de arándanos (*Vaccinium Corymbosum*, variedad "biloxi") cultivados en diferentes microclimas de Perú", Determinó los polifenoles totales por el método espectrofotométrico y actividad antioxidante por el método de secuestro de radicales DPPH; Además, determinó pH y grados °Brix, como resultados obtuvo: pH de (3,01±0,02) Huacho (Lima) y 3,21±0,02 Coris (Ancash); ° Brix 14,37±0,21 Huacho (Lima), 23.27 en Coris (Ancash). El contenido de polifenoles (mg ácido gálico equivalente/100 g) es 1183,99±8,77 de Huacho (Lima), 1428,62±19,58 de Coris (Ancash). Concluyó que es factor climático y el ambiente influyó en la variación de resultados.

Ahmet, *et al.*, (2017), realizaron la investigación: Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en bayas de arándano de diferentes colores y no pigmentadas (*Vaccinium myrtillus* L.). Llegando a la conclusión: la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales (rango, 220.06 - 3715.21 mg / 100 g dw). La capacidad antioxidante fue mucho mayor en las muestras de bayas de color (rosa a azul / negro) que, en la muestra blanca.

Repo y Enzina (2008), determinó de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas tuna, papaya, tomate, aguaymanto, llegando a la conclusión: La tuna roja presentó una capacidad de inhibición del radical DPPH mucho mayor que las otras tunas estudiadas (77,65%). Comparando las diferentes frutas en cuanto a capacidad antioxidante medido por el método del DPPH, fue el de la papaya de monte (1936 228 g equivalente trolox/g de fruto); seguido por el tomate de árbol (853 52 g equivalente trolox/g de tejido).

Antecedentes locales.

Salas (2017), determinó 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)” en donde determinó la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en distintos tipos de fruto silvestres en lo cual concluye que el fruto de Machamacha contiene 23328.90 ($\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/ 100 g fruto fresco}$) luego, Alaybilí con 22902.90 ($\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/ 100 g fruto fresco}$) y Condorpausan 21924.65 ($\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox/ 100 g fruto fresco}$); en cuanto al resultado de fenoles totales el fruto con mayor nivel fue Frambuesa silvestre con 5370.42 (mg AGE/ 100 g fruto fresco) seguido por Machamacha 5187.77 (mg AGE/ 100 g fruto fresco), los frutos silvestres de Alaybilí 4817.80 (mg AGE/ 100 g fruto fresco).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. Frutos Silvestres

Se denomina fruto silvestre a todas las plantas que crece de forma natural en el lugar de adaptación adecuado dando fruto de diversos colores, los cuales tienen aportes importantes de alto valor biológico que por lo general aun no son descubiertos. Esta cualidad que tienen los vegetales es por la adaptación a condiciones favorables de hábitat (Lema, 2009, p. 3).

3.1.1.1. Clasificación taxonómica de las plantas silvestres utilizadas en la investigación

Siraca Negra. - Es una planta arbustiva y voluble, con una altura de 2 a 3 m, los frutos son de origen embrionario, de color rojo negruzco, de forma ovoide y es blanda, mide de 4 cm de diámetro y 2 cm de altura, fructifica en los meses de mayo junio y en setiembre a octubre, la flor es de color rosado oscuro, inflorescencia en racimo corola rosácea, axilares, florece en noviembre. Los frutos tienen un sabor dulce - ácido, generalmente lo consumen como fruto fresco (Salas, 2017, p. 5)

Reino: Vegetal

División: Angiospermas

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosales

Familia: Rosácea

Género: *Rubus*

Especie: *Rubus*

Nombre Común: Siraca Negra

Siraca Roja

Es una planta arbustiva y voluble, con 4 a 4.5 metros de largo, los frutos son polidrupas, polispermos, con 6 cm diámetro y 3 cm de longitud, forma en cono - acorazonada, de consistencia firme, color rojo brillante, sabor acidulado, olor aromatizado, las flores son de color rosa claro, inflorescencia panícula y de corola rosácea. Hojas compuestas, forma imparipinada, margen aserrada,

consistencia coriácea, pinnada y de base obtusa. Tallos espinados (Salas, 2017, p. 6).

Reino: Vegetal

División: Angiospermas

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosales

Familia: Rosáceas

Género: *Rubus*

Especie: *Rubus*. F Macbr

Nombre Común: Siraca Roja

Pacra. - Es un árbol de tallo leñoso que alcanza una altura de hasta 4 metros de altura, el fruto es embrionario, en drupa, polispermo y pared celular tricomosa, forma circular de 4 cm de diámetro, consistencia dura, color maduro de rojo brillante, sabor ácido, poco dulce agria, fructifica entre los meses de septiembre y octubre. Se usa como colorantes naturales, los frutos tienen sabor agridulce y olor agradable, color rojo brillante, lo consumen como fruta fresca (Salas, 2017, p. 8).

Reino: Vegetal

División: Angiosperms

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosids

Orden: Saxifragales

Familia: Grossulariaceae

Género: *Ribes*

Especie: *Hesperomeles* C.Scheneider

Nombre Común: pacra

3.1.2 Compuestos bioactivos

Se considera como componentes bioactivos a algunas vitaminas y minerales que se encuentran principalmente en las plantas y que tienen efectos importantes para la salud humana. Los compuestos bioactivos se encuentran en cantidades pequeñas en los productos que son de origen vegetal (Olmedilla y Granado, 2007).

La continua aparición de evidencias científicas acerca del papel de la dieta y sus componentes en el bienestar y la salud, ha favorecido la aparición de los alimentos funcionales que en la actualidad constituyen uno de los principales impulsores del desarrollo de nuevos productos. La forma más versátil de modificar la composición de los alimentos surge de la enorme posibilidad de introducir cambios en los ingredientes utilizados en su elaboración y en consecuencia sobre la presencia de diversos compuestos bioactivos provenientes en su mayoría de frutas y vegetales (Cárdenas *et al.*, 2015).

3.1.3. Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos que inhibe o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación (perdida de uno o más electrones); y estos pueden clasificarse en naturales o sintéticos, estando estos últimos en desuso debido a estudios que les atribuyen efectos carcinógenos. Este hecho ha despertado un creciente interés en el estudio de los antioxidantes naturales entre los que se encuentran distintos compuestos fenólicos (Sánchez, 2010 p. 34).

Los antioxidantes ceden a los radicales libres sus propios electrones salvando así nuestras células de sufrir daño. Entre los antioxidantes por excelencia encontramos al β -caroteno, la vitamina C, la vitamina E, y el Selenio (Starke Reed, 2003).

Existen diferentes mecanismos de acción, unos impiden la formación de los radicales libres y/o especies reactivas (sistema de prevención), otros inhiben la acción de los radicales libres, algunos favorecen la reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas.

Los antioxidantes, por lo tanto, son un grupo amplio de compuestos: vitaminas, compuestos fenólicos, minerales, colorantes naturales y enzimas. Muchos de los antioxidantes se encuentran en alimentos vegetales, por lo que es recomendable incluir frutas, legumbres, tubérculos, verduras y hortalizas o cereales integrales en nuestra dieta (Hayasida *et al.*, 2008 p. 18).

3.1.3.1. Clasificación de los antioxidantes

En La Tabla 1, se pueden clasificar observar la clasificación de los antioxidantes como compuestos endógenos que son producidos por el organismo o compuestos exógenos que son suministrados con la ingesta de alimentos.

Tabla 1. Clasificación de los antioxidantes

Exógenos	Endógenos	Cofactores
Vitamina E	Glutati3n	Cobre
Vitamina C	Coenzima Q	Zinc
Beta-caroteno	3cido ti3tico	Magnesio
	Enzimas: superoxido dismutasa (SOD), catalasa, glutati3n, peroxidasa	Hierro

Fuente: Criado y Moya (2009).

3.1.3.2. Clasificaci3n de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad

De acuerdo a su solubilidad podemos diferenciar entre antioxidantes hidrof3bicos (vitamina E y carotenoides) o hidrof3licos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificaci3n de antioxidantes de acuerdo a su solubilidad

Hidrof3licos	Hidrof3bicos
Vitamina C (3cido asc3rbico)	Vitamina E (α -tocoferol)

Fuente: Armenteros *et al.*, (2012).

3.1.3.3. Radicales libres

Son mol3culas que se encuentra en estado inestable de alta energ3a con electrones desapareadas en sus orbitas exteriores que tienden a reaccionar con otros compuestos, esto se realiza debido a que las mol3culas inestables tienen electrones apareados. El proceso de captaci3n de un electr3n o la formaci3n de pares de electrones se produce una reacci3n entre mol3culas en lo cual unas de ellas pueden convertirse en otro radical libre perpetuar el proceso (Venero, 2002).

3.1.4. Frutas como fuente de antioxidantes

Por lo general las frutas, además de presentar importante fuente de vitaminas, minerales y fibras, poseen compuestos con actividad antioxidante, dentro de los cuales se destacan los compuestos fenólicos. En la actualidad el consumo de las frutas ha incrementado debido a su valor nutritivo y sus efectos biológicos para la salud. Las frutas poseen compuestos como vitamina C y E, carotenoides, clorofila y fitoquímicos, como compuestos fenólicos, flavonoides, glucósidos y taninos (Pellegrini *et al.*, 2006, p. 43).

Las frutas que tienen la coloración rojo/azul son consideradas las más importantes fuentes de compuestos fenólicos en dietas alimentarias, pues presentan cantidades significativas de derivados del ácido hidroxibenzoico y del ácido hidroxicinámico como las antocianinas, los flavonoides, las catequinas y los taninos (hidrolizables o condensados) esto hace que muchos de estos compuestos demuestren efectos biológicos como acción antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria (Kähkönen *et al.*, 2001).

3.1.5. Propiedades antioxidantes en alimentos

Las propiedades antioxidantes y cardioprotectoras de los polifenoles se deben principalmente a que sus propiedades oxido-reductoras les permiten actuar como agentes donadores de hidrógeno y estabilizadores de radicales libres como oxígeno reactivo, hidroxilo y superóxido, implicados en las cadenas de peroxidación lipídica, además de sus propiedades de quelación de hierro y metales de transición (Lee *et al.*, 2004, p. 21-33).

La función de los antioxidantes marcadamente, es retrasar o prevenir la oxidación del sustrato, actúan a diferentes niveles en la secuencia oxidativa implica moléculas de lípidos. Pueden disminuir la concentración de oxígeno, interceptar oxígeno atómico, prevenir la iniciación primera cadena al eliminar los radicales iniciales como los radicales hidroxilos, catalizadores de iones se unen metales, descomponer los productos primarios de la oxidación de las especies no radicales y romper las cadenas para evitar continua abstracción de hidrógeno a partir de sustratos (Shahidi, 2000).

3.1.6. Técnicas para la determinación de la actividad antioxidante

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

Método del ABTS• + (Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico).- El fundamento de este método consiste en generar el radical ABTS•+ a partir de su precursor, el ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) y comprobar cómo los antioxidantes son capaces de atrapar este radical (Ronald, 2005).

Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

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



En este método, el radical artificial AAPH (2,2'-Azobis-(2-aminopropano)-dihidrocloruro) oxida a la fluoresceína de forma que esta pierde su fluorescencia. De esta forma, las sustancias antioxidantes presentes en el extracto obtenido a partir del alimento disminuirían dicha pérdida de fluorescencia (Agudo, 2010 citado por Salas, 2017, p 18).

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

El fundamento de este método consiste en determinar la capacidad de los antioxidantes de la muestra para capturar el radical libre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y reducirlo, Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand-Williams. Este método permite evaluar la actividad de sustancias frente al radical libre estable 2,2- difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en una solución metanólico que tiene un color violeta intenso que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra que contiene antioxidantes esto se reduce a un color amarillo como se observa en la figura 1.

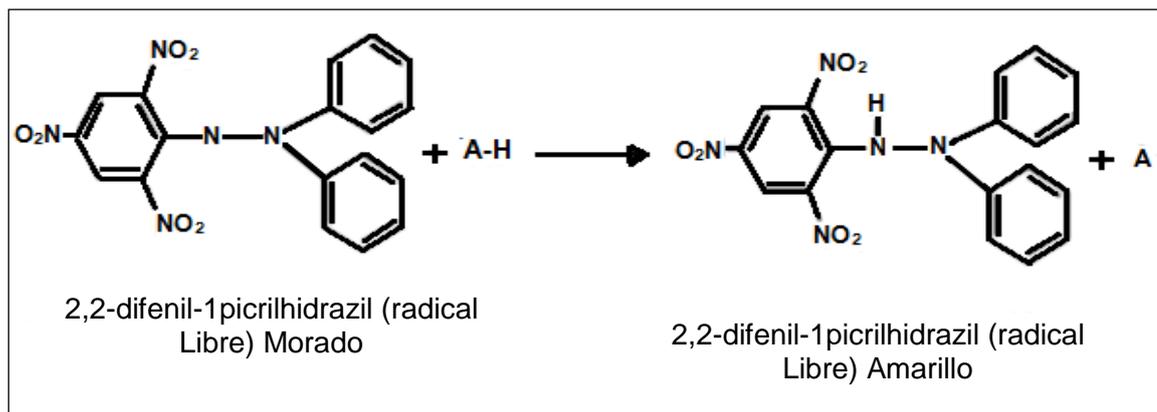


Figura 1: Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante

Fuente: Alam *et al.*, (2012).

3.1.7. Compuestos fenólicos

Están formados por C, H y O, y difieren de los alcoholes en que tienen el grupo oxhidrilo unido directamente a un anillo aromático con uno más sustituyentes al grupo hidroxilo y que se ve a glucósidos combinados con unidades de azúcar. Son relativamente polares y tienden a ser solubles en agua. Es por esta naturaleza aromática que tienen los compuestos fenólicos tienden a mostrar una intensa absorción de la región de UV del espectro, siendo este método utilizado para su identificación y un próximo análisis en lo cualitativo (Lock, 1994, p 300.). El término compuestos fenólicos engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, cuyo nombre popular del hidroxibenceno, que está unido a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenoles no son polifenoles, si no monofenoles (Sánchez, 2010).

Los compuestos fenólicos poseen dentro de su estructura por lo menos un anillo fenol, un anillo aromático que llevan mínimamente un sustituyente hidroxilo (Paladino, 2008)

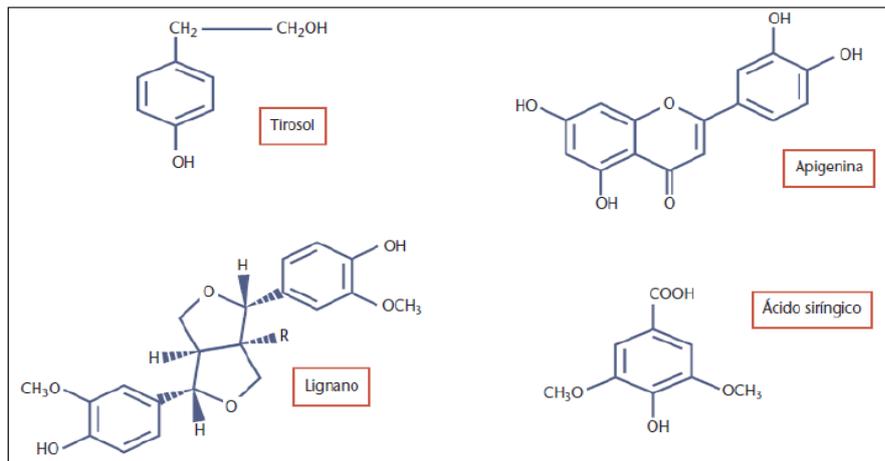


Figura 2: Ejemplos de estructuras de compuestos fenólicos

Fuente: Gimeno, (2004).

3.1.8. Clasificación de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos tienen una variación desde la molécula más simple como los ácidos benzoicos cada una de las familias agrupa un número de compuestos fenólicos más o menos variado, siendo la familia de los flavonoides, con cerca de 4000 estructuras diferentes una de las más estudiadas (Sanchez, 2008 p, 42).

La clasificación de los compuestos fenólicos los realiza de acuerdo al número de carbonos dentro de sus moléculas como consecuencia de la gran diversidad de los compuestos fenólicos que están presentes en la naturaleza, tal como se muestra en la Tabla 3. La aplicación y las propiedades varían, estos pueden ser de efecto tóxico como también beneficiosos para la salud. (Sánchez, 2008).

Tabla 3. Clasificación de los compuestos fenólicos

ESTRUCTURA	CLASE
C6	Fenólicos simples
C6-C1	Ácidos fenólicos y compuestos relacionados
C6-C2	Acetofenonas y ácidos fenilacéticos
C6-C3	Ácido cinámico, cinamil aldehído, alcoholes cinámicos
C6-C3	Cumarinas, isocumarinas y cromonas

C15	Chalconas, auronas, dihidrochalconas
C15	Flavanos
C15	Flavonas
C15	Flavononas
C15	Flavonoles
C15	Antocianidinas
C15	Antocianinas
C30	Biflaponilas
Lignanosen,neolignanosen	Dímeros o oligómeros
Lignina	Polímeros
Taninos	Oligómeros o polímeros
Flobáfenos	Polímeros

Fuente: Grotewold (2005).

3.1.8.1. Compuestos fenólicos en alimentos

Las plantas y alimentos contienen en su composición una diversidad de derivados fenólicos como son los fenoles simples, incluyendo fenilpropanoides, derivados del ácido benzoico, flavonoides, estilbenos, taninos, lignanos y ligninas. Junto con ácidos carboxílicos de cadena larga. Estas sustancias más variadas son esenciales para el crecimiento y la reproducción de las plantas y también actúan como antialimentaria y antipatógeno (Butler, 1992, p 53).

La mayoría de las propiedades en los productos vegetales se asocia con la presencia, tipo y contenido de sus compuestos fenólicos. Los compuestos fenólicos tienen efectos beneficiosos para la salud o sus posibles propiedades anti nutricionales cuando está presente en grandes cantidades son significativos a los productores y consumidores de alimentos. (Harborne y Williams, 2001).

Por otra parte, los compuestos fenólicos funcionan como antibióticos, pesticidas naturales, sustancias de la señal para el establecimiento de simbiosis con rizobios, atrayentes para los polinizadores, agentes de protección contra la radiación ultravioleta (UV), materiales para hacer las paredes celulares impermeables al gas y agua aislante y como materiales estructurales para dar a las plantas estabilidad. (Hurst, 2002).

3.1.9. Métodos para la determinación de los compuestos fenólicos

Se han desarrollado un gran número de técnicas analíticas para la identificación y cuantificación de compuestos fenólicos. Tradicionalmente se han determinado mediante métodos colorimétricos ya que estos compuestos son capaces de sufrir una gran variedad de reacciones que se pueden utilizar para su detección espectrofotométrica. (Sánchez y Paniagua, 2008)

Existen varias técnicas analíticas para la cuantificación y/o identificación de compuestos fenólicos que incluyen técnicas cromatográficas como son la cromatografía de capa fina (TCL), la cromatografía de gases (CG) y la de líquidos de alta resolución (HPLC) y también se encuentran las técnicas espectrofotométricas (Martínez- Valverde *et al.*, 2000 citado por Salas 2017, p 19).

3.2. Marco conceptual

Capacidad antioxidante.- Los antioxidantes pueden ser definidos como sustancias capaces de retardar la tasa de oxidación en un material oxidable, actuando como donador de electrones (agente reductor), todos los seres vivos que utilizan el oxígeno para obtener energía, liberan radicales libres, lo cual es incompatible con la vida a menos que existan mecanismos celulares de defensa que los neutralice. A estas defensas se las denomina antioxidantes. Los alimentos digeribles como las frutas o bayas son funcionales y antioxidantes que retardan el envejecimiento ya que son flavonoides hidrosolubles. (Miquel, 1989).

Compuestos bioactivos.- Los compuestos bioactivos poseen cierta actividad biológica dentro del organismo que se traduce en bienestar para el individuo y menor riesgo de padecer determinadas enfermedades y son los que le confiere al alimento aquellas características específicas que lo convierte en funcional (Gómez, 2010, p 18).

Compuestos fenólicos.- Son compuestos formados por C, H y O, y difieren de los alcoholes en que tienen el grupo oxhidrilo unido directamente a un anillo aromático con uno más sustituyentes al grupo hidroxilo cuyo nombre popular de hidroxibenceno, que está unido a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenólicos no son polifenoles, si no monofenoles (Sánchez, 2010).

Frutos Silvestres.- Es cuando crecen de forma natural, espontánea y aportan a nuestro organismo elementos nutritivos de alto valor biológico, que en su inmensa mayoría, están todavía por descubrir (Lema, 2009).

Radicales Libres.- Es una molécula de oxígeno que ha perdido un electrón, quedándose inestable, reactiva, con capacidad de producir daño. Normalmente, siendo esenciales para la supervivencia aeróbica. Poseen una estructura birradicálica, son muy reactivos, tienen una vida media corta. Desde el punto de vista molecular (Álvarez *et al.*, 2011).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de ejecución

La determinación de las propiedades físico-químicas y los fenoles totales se desarrolló en el local académico SL02 (Santa Rosa) en el laboratorio de Química y Procesos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, UNAJMA, ubicado en la Av. 28 de Julio N° 1103 del distrito de Talavera, provincia Andahuaylas, Apurímac.

La determinación de la capacidad antioxidante se desarrolló en el laboratorio de química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco UNSAAC ubicado en la Av. de la cultura 733 Cusco.

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

La población a estudiar fueron los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra, que crecen en el bosque Muchkani ubicado en el centro poblado de Cotahuacho, distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas, Apurímac, estos frutos fructifican en los meses de septiembre y octubre.

4.2.2. Muestra y muestreo

La cantidad de muestra de los frutos silvestres para determinar la capacidad antioxidante y fenoles totales fue de 250 g así mismo se realizó un muestreo no probabilístico a juicio del investigador que consistió en recolectar el fruto de los lugares accesibles para su recolección.

4.2.3. Unidad de análisis

Para la unidad de análisis se optaron por los frutos que cumplen las siguientes características: estado de madurez, coloración roja morada, sin daños físicos ni biológicos y de buen tamaño, de esto se obtuvieron 100 gramos de cada fruto para su análisis experimental.

4.3. Materiales, instrumentos y equipos

A). Material vegetal

Frutos silvestres: Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra de 250 gramos de cada uno, que fueron recolectadas en los meses de septiembre y octubre de 2018, en estos meses que los frutos alcanzan una madurez completa, los cuales crecen en el bosque Muchkani ubicado en el centro poblado de Cotahuacho, distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

b). Equipos e instrumentos

A continuación, se detalla la lista de los equipos e instrumentos que fueron utilizados en la investigación.

Tabla 4: Lista de equipos e instrumentos de investigación

Cantidad	Equipos e instrumentos	Marca
01	Espectrofotómetro UV-Visible	Génesis
01	Potenciómetro	Hanna
01	Estufa	
01	Incubadora	
01	Refrigeradora	
01	Agitador magnético	Lw-scientifique
01	Cámara fotográfica	
01	Cronómetro digital	
01	Balanza digital de sensibilidad 0.01g	
01	Balanza electrónica digital Cap. máxima de 30 Kg., y mínima de 200 g.	
01	Centrifuga con temporizador digital, Velocidad 1420 RPM.	

C. Materiales

A continuación, se detalla la lista de los materiales que fueron utilizados en la investigación.

Tabla 5: Lista de materiales para la investigación

CANTIDAD	MATERIALES
03	Varilla de vidrio
01	Paquete papel tissue
05	Mortero con pilón
40	Tubos de ensayo
05	Vasos precipitados de 100ml
04	Pipetas de 5 ml , 10 ml
02	Micropipetas de 5 y 10 μ l
04	Bureta de 25 ml
02	Soporte Universal metálico
02	Fiolas (10 a 250 ml)
02	Espátula mediana y pequeña
04	Probetas de 50, 100, 250 ml.
02	Pizetas.
01	Rotulador
04	Placa Petri
05	Rollos de papel aluminio
03	Espátula de acero inoxidable
01	Papel filtro.589/2 (Whatman - 40). Ø
08	Matraz Erlenmeyer de 100ml, 500

d). Recursos no disponibles

A continuación, la lista de los recursos no disponibles utilizados en la investigación.

Tabla 6: Lista de recursos no disponibles

CANTIDAD	MATERIALES
06	Botellas de vidrio ámbar
08	Láminas de papel Whatman N° 40
01	Rotulador
60	Tubos de ensayo tapa rosca
02	Gradillas
5	Rollos de papel aluminio
25	Cubetas de espectrofotómetro

e). Reactivos e insumos

A continuación, se detalla la lista de los reactivos e insumos que fueron utilizados en la investigación.

Tabla 7: Lista de reactivos e insumos disponibles

CANTIDAD	REACTIVOS / INSUMOS
50 ml	Follin Ciocalteu
300 mg	Reactivo Trolox (Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-croman-2)
15 g	Carbonato de sodio
50 mg	Ácido gálico
100 ml	Radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).
3 l	Metanol (80 %)
2 l	Etanol (96 %)
10 l	Agua esterilizada ó destilada
30 g	Hidróxido de sodio

4.4. Tipo de investigación

Cuantitativa (Acción).- Se desarrolló mediante el análisis de los resultados obtenidos, dándose posibles explicaciones de los datos a fin de generar mayor información de los frutos silvestres.

De acuerdo al fin que persigue:

Aplicada.- Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren ya que los resultados obtenidos serán aplicables o útiles para la industria alimentaria, farmacéutica, y diversos derivados de productos con valor agregado.

De acuerdo a la técnica de contrastación:

Experimental.- La experimentación se realizó en el laboratorio para probar la hipótesis mediante la manipulación y medición de las variables en una situación controlada de sus principales condiciones o estados.

4.5. Métodos de análisis

4.5.1. Análisis físico-químico de los frutos silvestres.

a). Humedad

Este análisis se desarrolló mediante el método gravimétrico según (AOAC, 2003) Método 23.003. Lo cual está basado en la pérdida de peso de la muestra, utilizando la estufa a 110 °C por tres horas hasta tener el peso constante. Los resultados han sido hallados siguiendo la ecuación siguiente:

$$\% \text{ de Humed} = \frac{(pmh - pms)}{pmh} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (01)}$$

Donde:

pms : Peso de muestra seca

pmh : Peso de muestra húmeda

b). pH

Para medir el nivel de pH se utilizó el Método (943.02/05). (AOAC, 1990).

Primero se calibró el potenciómetro; posteriormente se mezcló 10 g del extracto de fruta fresca con 50 ml de agua destilada, se filtró a través de un papel filtro Nro. 40. Luego se tomó una alícuota y se midió el pH indicado.

c). Sólidos solubles

Este análisis se realizó por el método descrito por (ISO 2173: 2003), utilizando el refractómetro digital.

por medio de un refractómetro, aparato que sirve para cuantificar el fenómeno físico de refracción en zumo de frutas y hortalizas, que consiste en el cambio de medios con distinto índice de propagación en función del cambio de dirección que sufre un rayo de luz al pasar oblicuamente de un medio a otro con distinto índice de propagación.

d). Acidez.

Se desarrolló por titulación de neutralización, para esto se utilizó fenolftaleína como indicador e hidróxido de sodio 0.1 N como solución titulante. Para determinar el porcentaje de ácidos totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Ácidos totales} = \frac{(N * Meq * F)}{mg} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (02)}$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH

Meq = Peso mili equivalente del ácido predominante

mg = Peso de la muestra en g.

F = Volumen en mililitros del Alkali utilizado.

e). Índice de madurez.

Es la relación entre sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de Acidez titulable (ATT), (Fisher, 1999).

Calculado por la siguiente ecuación:

$$I.M = \frac{SST}{ATT} \left(\frac{^{\circ}brix}{\%acidez} \right) \dots \dots \dots \text{EC. (03)}$$

4.6. Metodología experimental

4.6.1. Determinación de la capacidad antioxidante

Se utilizó el método desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995), para la determinación de la capacidad antioxidante en extractos hidrofílicos.

✓ **Preparación de la solución madre de Trolox**

Se disolvió 2 mg del reactivo Trolox (Ácido – 6 – hidroxil – 2,5,7,8 – tetrametil – cromano – 2- carboxílico), en 10 ml de metanol al 80%. De lo cual se obtuvo una concentración de 800 μ moles/l. y a partir de esta solución madre de Trolox se preparó soluciones de trabajo a diferentes concentraciones.

✓ **Curva de calibración**

Se realizó las diluciones correspondientes. Se preparó una solución patrón, disolviendo 2 mg de reactivo Trolox (Ácido- 6-hidroxil-2, 5, 7,8-tetrametil-cromano-2- carboxílico) en 10 ml de metanol al 80 %.

Tabla 8 : Datos para la curva estándar de solución Trolox.

Concentración (μ M)	Solución patrón (mL)	Metanol al 80% (mL)
800	3.000	0
700	2.625	0.375
600	2.250	0.750
500	1.875	0.125
400	1.500	1.500
300	1.125	1.875
100	0.375	2.625

✓ **Preparación del Radical de DPPH**

La solución madre de DPPH se preparó disolviendo 24 mg de DPPH en 100 ml de metanol. Esta solución fue almacenada en un frasco ámbar o cubierto con papel aluminio a -3 °C por un tiempo no mayor a una semana.

Posteriormente se midió la absorbancia de la solución diluida de DPPH a 517 nm.

✓ **Método de DPPH•.**

Al extracto del fruto de 0.1 ml, se le adiciona 2.9 ml de la solución de DPPH•, se agitó vigorosamente y se mantuvo en oscuridad por 2 horas a temperatura ambiente, posteriormente se realizó una lectura a los 30 minutos en un espectrofotómetro de UV visible a 517 nm. El blanco contendrá metanol en lugar de la solución antioxidante.

Luego se dejó reaccionar la muestra con la solución diluida de DPPH y el blanco en un agitador en la oscuridad a temperatura ambiente (20 °C) con los tubos de

ensayos cerrados tomando muestras en intervalos de 15 minutos para realizar las lecturas al espectrofotómetro a 517 nm hasta no observar cambios significativos en la absorbancia a través del tiempo.

✓ **Cálculo de la capacidad antioxidante.**

Se restaron las absorbancias del blanco y de la muestra y se calculará los *mM* equivalentes Trolox/mL muestra con la ecuación:

$$mM \text{ Eq. } \frac{\text{Trolox}}{mL} \text{ muestra} = \frac{Abs_{blanco} - Abs_{muestra}}{m * (mL \text{ de muestra}) * 1000} \dots \text{Ec. (04)}$$

Dónde: *m*, es la pendiente de la curva calibrada

4.6.2. Determinación de compuestos fenólicos

Se realizaron mediante el método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu (Silgletón *et al.*, 1999).

Este método se basa en la oxidación de los grupos fenólicos por los ácidos fosfomolibdicos y fosfotúngsticos, este reactivo tiene una coloración amarilla que en presencia de fenol se forma un complejo verde azulado que se mide a 765 nm.

✓ **Preparación de la dilución de carbonato de sodio 20%**

La disolución de carbonato de sodio al 20 % se procedió pesando 5 g de carbonato de sodio en un matraz aforado de 25 ml, inicialmente se disolvió en 15 ml de agua y se llevó a ultrasonido hasta su completa disolución.

Preparación de la dilución 2N del reactivo folin ciocalteu

Se realizó por medio de una dilución 1:2 del reactivo comercial (2N) en agua destilada; y el reactivo ha sido protegido de la luz con papel aluminio y se llevó a refrigeración hasta su uso.

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

Se preparó una dilución patrón de 0.1 g/l.

Se pesó 25 mg de ácido gálico, colocando a una fiola de 25 ml y se aforó con agua destilada luego se preparó una dilución 1:10 con agua destilada.

✓ **Curva de calibración**

Se utilizó la solución madre de ácido gálico y se hizo diluciones a diferentes concentraciones de 0, 1, 2, 3, 4, 5 mg/l.

La muestra en blanco se preparó sin ácido gálico; con 0,25 ml de Folin Ciocalteu a 1N más 0,25 ml de carbonato de sodio al 20 % luego se llevó a un volumen final de 2 ml con agua destilada y las diferentes concentraciones este proceso se desarrolló siguiendo los datos de la tabla 9.

Tabla 9: Datos para la curva de calibración.

Concentración mg/l	Ácido gálico 0,1 g/l (ml)	Folin ciocalteu 2N (ml)	Carbonato de sodio 20% (ml)	Agua destilada (ml)
0	-----	0,25	0,25	1,50
1	0,02	0,25	0,25	1,48
2	0,04	0,25	0,25	1,46
3	0,06	0,25	0,25	1,44
4	0,08	0,25	0,25	1,42
5	0,1	0,25	0,25	1,40

Finalmente se hizo una lectura de absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda a 765 nm.

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

$$Y = a \text{ Abs} + b \dots \dots \dots \text{Ec. (05)}$$

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

Abs = Absorbancia a 765 nm.

✓ **Determinación de fenoles totales**

La determinación del contenido de fenoles totales de las muestras se desarrolló por quintuplicado, se mezclaron 0.5 ml de cada extracto crudo y 0.75 ml de reactivo Folin Ciocalteu se agitó vigorosamente por 3 minutos. Después se agregó 0,75 ml de una solución de Carbonato de sodio, mezclando vigorosamente. Posteriormente se procedió a incubar a una temperatura de 45 °C por 15 minutos. Se midió la absorbancia utilizando el blanco de metanol acuoso (80:20 v/v) a 765

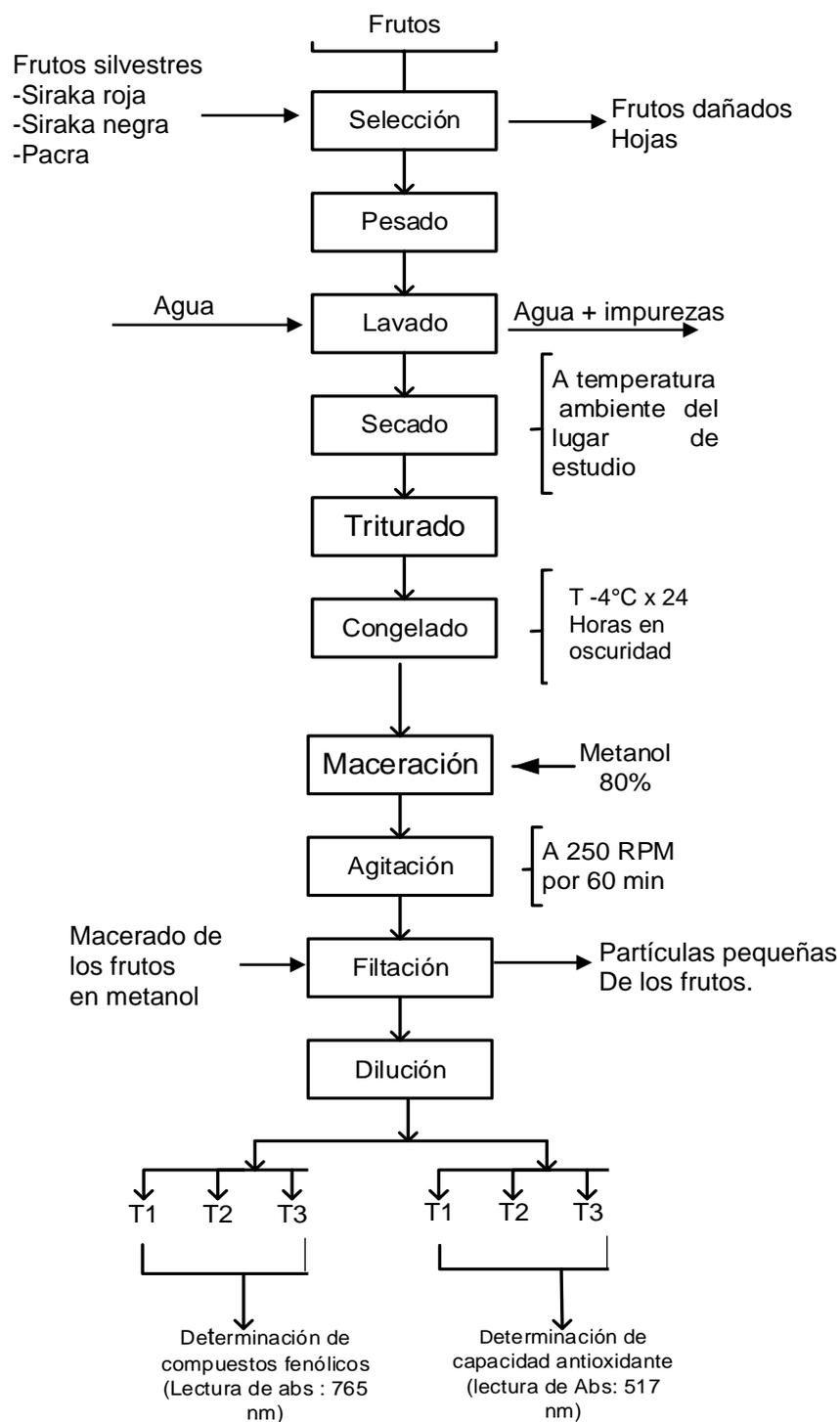


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología experimental para la determinación de la capacidad antioxidante y fenoles totales

4.7. Diseño experimental

Tabla 10: Matriz de diseño experimental

Nro. de Tratamientos	N° Repeticiones	Capacidad antioxidante	Fenoles totales
T1 Siraca Roja	R1	T1R1	T1R1
	R2	T1R2	T1R2
	R3	T1R3	T1R3
	R4	T1R4	T1R4
	R5	T1R5	T1R5
T2 Siraca Negra	R1	T2R1	T2R1
	R2	T2R2	T2R2
	R3	T2R3	T2R3
	R4	T2R4	T2R4
	R5	T2R5	T2R5
T3 Pacra	R1	T3R1	T3R1
	R2	T3R2	T3R2
	R3	T3R3	T3R3
	R4	T3R4	T3R4
	R5	T3R5	T3R5

Donde:

T: Tratamientos

R: repeticiones

Para el desarrollo de la investigación se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerándose de esta manera solo dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Se desarrolló una investigación de acuerdo a las siguientes variables de estudio los tres frutos Silvestres (Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra) como variable independiente, la capacidad Antioxidante y fenoles totales como variables dependientes.

a). ANOVA para el diseño completamente al azar (DCA)

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

Con el Análisis de varianza en DCA se prueba la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta. Cuando la primera predomina “claramente” sobre la segunda, es cuando se concluye que las medias son diferentes.

$$H_0: \mu A = \mu B = \mu C = \mu D = \mu$$

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

A continuación, las siguientes hipótesis son para las dos fuentes de variabilidad lo que son los tratamientos y el error aleatorio.

H_0 = La capacidad antioxidante, los compuestos bioactivos (fenoles) de los frutos de Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra no presentan diferencia significativa.

H_A = La capacidad antioxidante, los compuestos bioactivos (fenoles) de los frutos Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra presentan diferencias significativas.

Tabla 11: Tabla de ANOVA para DCA

F.V	Sumatoria de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de Media	F ₀	Valor - p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2}{N}$	K-1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	P(F > F ₀)
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	N-K	$CM_E = \frac{SC_E}{N-1}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N}$	N-1			

Fuente: Gutiérrez *et al.*, (2012)

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Propiedades físico-químicos de los frutos silvestres.

a). Humedad de los frutos silvestres

La Tabla 12, muestra los resultados del porcentaje de humedad de cada fruto silvestre en promedio de 5 repeticiones como se muestra en el (Anexo 1), el fruto silvestre con mayor porcentaje de humedad corresponde al fruto de la Siraca Negra con de 82.82%, seguido por Siraca Roja con 82.60% y finalmente el fruto de Pacra con 78.61% expresado en base húmeda.

Tabla 12. Resultados del porcentaje de humedad de los frutos silvestres

Frutos silvestres	% de humedad		
	(\bar{X})	\pm	(S)
Siraca Negra	82.82 ^a	\pm	0.03
Siraca Roja	82.60 ^b	\pm	0.02
Pacra	78.61 ^c	\pm	0.02

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones, S: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 1.

El análisis estadístico, mediante el análisis de varianza ANOVA se obtuvo como resultado el valor - P menor que 0.05 de nivel de significancia como se muestra en el (Anexo 2), donde el porcentaje de humedad presentó una diferencia significativa para un nivel de confianza de 95% y mediante la comparación de medias de Tukey se observa en la figura 4.

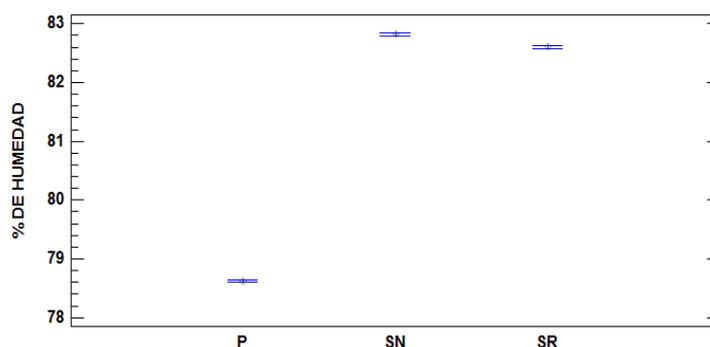


Figura 4. Comparación de medias del porcentaje de humedad.

El porcentaje de humedad obtenida de los frutos silvestres ha sido alto desde 78.61% hasta 82.82% característicos de los frutos frescos en base húmeda, en cuanto a la comparación de reportes de resultados según (Salas, 2017) la frambuesa silvestre (*Rubus roseus* Poir) presenta 82.79% los cuales han sido

similares del fruto Siraca Negra que tiene 82.82%. En tanto los reportes de humedad según (Aldaba *et al.*, 2016) realizado a los frutos de arándano azul (*Vaccinium corymbusum* L.) fue de 77.77% lo cual en comparación con el pacra son similares. De igual forma la comparación de medias de porcentaje de Tukey han sido similares.

b). pH de los frutos silvestres

La Tabla 13 muestra los resultados del análisis del pH de cada uno de los frutos silvestres en promedio de 5 repeticiones como se muestra en el (Anexo 3), los resultados fueron representados de la siguiente manera: el fruto de Pacra con 3.06, seguido por Siraca Negra 2.60 y con mayor nivel de pH muestra el fruto de Siraca Roja con 2.18.

Tabla 13. Resultados de pH de los frutos silvestres.

Frutos silvestres	pH		
	$(\bar{X} \pm S)$		
Siraca Negra	2.60 ^a	±	0.07
Siraca Roja	2.18 ^b	±	0.08
Pacra	3.06 ^c	±	0.17

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones, **S**: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 3.

Los resultados según el análisis de varianza ANOVA como se muestra en el (Anexo 4) tienen un valor - P menor a 0.05 nivel de significancia donde el pH presentó una diferencia significativa para un nivel de confianza del 95% y empleando las mínimas diferencias significativas de Tukey como muestra en la figura 5.

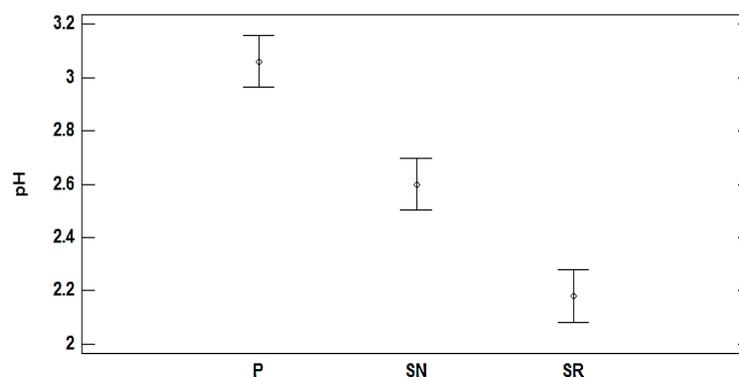


Figura 5. Comparación de medias de pH.

El resultado de pH para los frutos fue: Siraca Negra fue de 2.6, para Siraca Roja 2.18 y Pacra con 3.06. Realizando el análisis de varianza ANOVA existe una

diferencia significativa para estos tres frutos silvestres. Mientras tanto los reportes de pH según Salas, (2017) para el fruto de frambuesa silvestre fue de 2.7, que en comparación con el fruto de Siraca Negra son similares, mientras el reporte según Cuenca, (2017) obtuvo un pH de 3.41 para el fruto de mora lo cual es similar al fruto de Siraca Roja. Los resultados de pH para pacra fue de 3.06 lo cual hecho la comparación con los resultados según Barrios, (2007) para el fruto de uchuva fue de 3.72 lo cual se asemeja con el fruto de pacra.

c). Sólidos solubles totales.

La Tabla 14 muestra resultados de los sólidos solubles totales expresados en °Brix de los frutos silvestres en promedio de 5 repeticiones como se muestra en el (Anexo 3), se observa que el fruto silvestre con mayor °Brix es el fruto de Siraca Negra con 9.6, seguido por Siraca Roja con 8.8 y el fruto con menor °Brix fue el fruto de Pacra con 5.2.

Tabla 14. Resultados de los sólidos solubles totales.

Frutos silvestres	Solidos solubles totales (°Brix)		
	$(\bar{X} \pm S)$		
Siraca Negra	9.6 ^a	±	0.23
Siraca Roja	8.8 ^b	±	0.19
Pacra	5.2 ^c	±	0.26

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones; **S**: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 3.

Estos resultados según el análisis de varianza ANOVA como se muestra en la (Anexo 5) tiene un valor de p menor a 0.05 de nivel de significancia y empleando las diferencias mínimas significativas por el método de Tukey tal como se muestra en la figura 6.

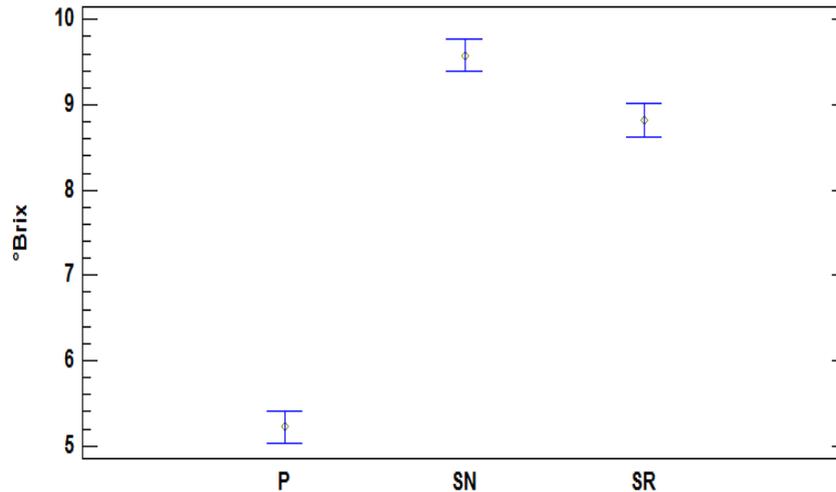


Figura 6. Comparación de medias de sólidos solubles totales

Los resultados para los sólidos solubles totales (°Brix) varían desde 5.2 hasta 9.6 mediante la comparación de medias de Tukey existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos tres frutos silvestres. Los resultados de Siraca Negra que fue de 9.6 fue similar al reporte hecho por Salas, (2017) quien tuvo un resultado de 9.34 para el fruto de frambuesa silvestre (*Rubus roseus* Poir), mientras el resultado de Siraca Roja fue de 8.8 lo cual en comparación con los resultados hechos según Martínez, (2016) para el fruto de frambuesas tradicionales fue de 7.1 lo cual se asemeja con los resultados obtenidos para el fruto de Siraca Roja. En caso del fruto de pacra los resultados fueron de 5.2 lo cual son similares a los reportes hechos según Salas, (2017) para el fruto de alaybili con 4.42 de °Brix.

d). Acidéz de los frutos silvestres.

La Tabla 15 muestra los resultados de la acidez total de los frutos silvestres en promedio de 5 repeticiones expresados en (g de ácido cítrico), como se muestra en el (anexo 6). El fruto con alto contenido de acidéz se muestra la Siraca roja con 0.81 seguido por la Siraca negra con 0.78 y con menor porcentaje de acidéz se muestra el fruto de pacra con 0.18.

Tabla 15. Acidez total de los frutos silvestres

Frutos silvestres	Acidez total (g de ácido cítrico)		
	$(\bar{X} \pm S)$		
Siraca Negra	0.78 ^a	±	0.04
Siraca Roja	0.8 ^b	±	0.02
Pacra	0.18 ^c	±	0.01

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones, **S**: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 6.

Estos resultados según el análisis de varianza ANOVA como muestra en la (figura 7) tienen un valor - P menor a 0.05 de nivel de significancia y empleadas las diferencias mínimas significativas utilizando el test de Tukey como muestra en la figura 7.

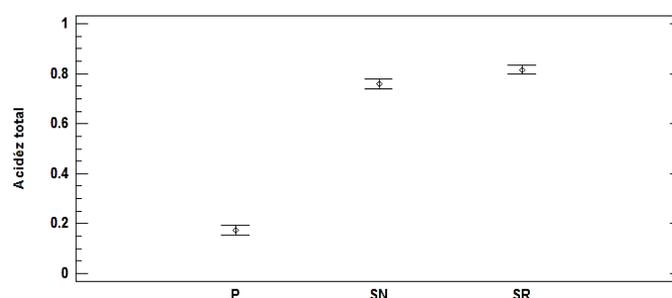


Figura 7. Comparación de medias de acidez (g de ácido cítrico).

Los resultados del acidéz de los frutos silvestres expresados en (g de ácido cítrico) varían desde 0.17 hasta 0.78 g de ácido cítrico, siendo el de mayor acidéz el fruto de Siraca Roja que tuvo como resultado 0.81 g de ácido cítrico, seguido por Siraca Negra con 0.78 g de ácido cítrico. Lo cual en comparación con los reportes de los resultados hechos según Salas, (2017) para el fruto de frambuesa silvestre (*Rubus roseus* Poir), obtuvo un resultado de 0.82 g de ácido cítrico lo cual en comparación con los resultados obtenidos para los frutos de Siraca Roja y Siraca Negra son similares. Para el fruto de Pacra se obtuvo un resultado de acidéz de 0.18 g de ácido cítrico lo cual en comparación de los resultados hechos según Cuenca, (2017) para el fruto de mora fue de 0.14 (g de ácido cítrico) lo cual es similar al resultado obtenido para el fruto de Pacra.

e). Índice de madurez de los frutos silvestres

En la Tabla 16 muestra el promedio de 5 repeticiones del índice de madurez de los frutos silvestres, la relación de los sólidos solubles totales sobre la acidez total, dando como resultado el fruto con mayor índice de madurez fue Pacra con 29.63 seguido por Siraca Negra con 12.14 y Siraca Roja con 12.13 como se muestra en el (Anexo 8).

Tabla 16. Índice de madurez de los frutos silvestres

Frutos silvestres	Índice de madurez		
	$(\bar{X} \pm S)$		
Siraca Negra	12.14 ^a	±	0.7
Siraca Roja	10.83 ^b	±	0.2
Pacra	29.63 ^c	±	0.6

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones; **S**: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 8.

Como resultado del análisis de varianza ANOVA Tabla 15 el valor – p fue menor que 0.05 nivel de significancia como se muestra en el (anexo 9) por lo tanto los índices de madurez de los frutos silvestres estadísticamente fueron diferentes lo cual para verificar se muestra en la figura 8.

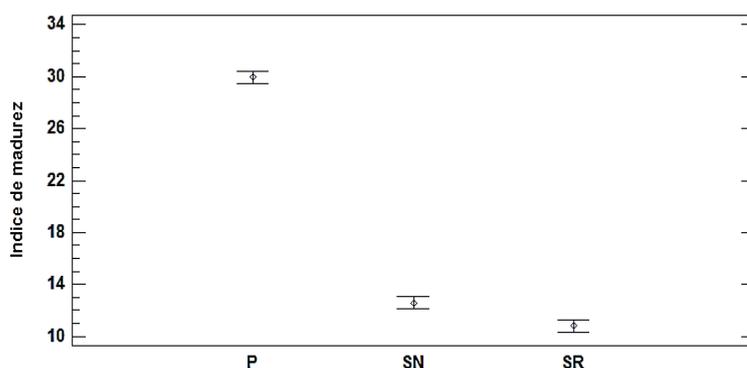


Figura 8. : Comparación de medias de índice de madurez

Los resultados de índice de madurez de los frutos silvestres corresponden de la siguiente manera para el fruto de Pacra 29.63, seguido por el fruto de Siraca Negra con 12.14 y finalmente el fruto de Siraca Roja con 10.83 que al ser comparados mediante el tes de Tukey muestra una diferencia estadísticamente significativa para un nivel de confianza al 95%. Estos resultados al ser comparados con otros reportes son similares, así como reporta Salas, (2017) para el fruto de frambuesa

silvestre con 11.39 lo cual es similar al fruto de Siraca Roja y Siraca Negra. De la misma forma obtuvo los resultados para el fruto de machamacha 25.29 que en comparación con el fruto de Pacra son similares. Por otra parte, los reportes según Barrios, (2007) para el fruto de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) el índice de madurez varía entre 12,83 a 13.57, El índice de madurez hace referencia que los frutos de madurez tardía tienen menor nivel de sólidos solubles y pH, también una mayor acidez que los de maduración semitardía. Pino, (2017).

7.2. Capacidad antioxidante de los frutos silvestres.

La Tabla 17, muestra los resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres, los resultados que se aprecian es el promedio de 5 repeticiones de cada fruto (Anexo 11), estos resultados están expresados en mg de trolox equivalente a 100 g de fruto fresco, lo cual se observa de la siguiente manera. En primer lugar, aparece el fruto de Pacra con 405.86 mg de trolox eq/100 g de fruto fresco. Seguido por Siraca Negra con 157.54 mg de trolox/eq 100 g de fruto fresco finalmente se observa con menor capacidad antioxidante al fruto de Siraca Roja con 157.54 mg de trolox/100 g de fruto fresco.

Tabla 17. Resultados de capacidad antioxidante de los frutos silvestres.

Frutos silvestres	Capacidad antioxidante (mg Eq* Trolox/ 100 g fruto fresco)		
	(\bar{X})	\pm	S)
Siraca Negra	240.7 ^a	\pm	4.2
Siraca Roja	157.54 ^b	\pm	9.5
Pacra	405.86 ^c	\pm	5.4

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones; S: desviación estándar. Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 11.

El análisis estadístico, mediante el análisis de varianza ANOVA se obtuvo como resultado el valor - p menor a 0.05 de nivel de significancia como se muestra en el (Anexo 12), por tanto, se rechazó la hipótesis nula dado que existe una diferencia estadísticamente significativa en los resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres al 95% de nivel de confianza. Para verificar se observa la comparación de medias mediante el método de Tukey HSD como se muestra en la figura 9.

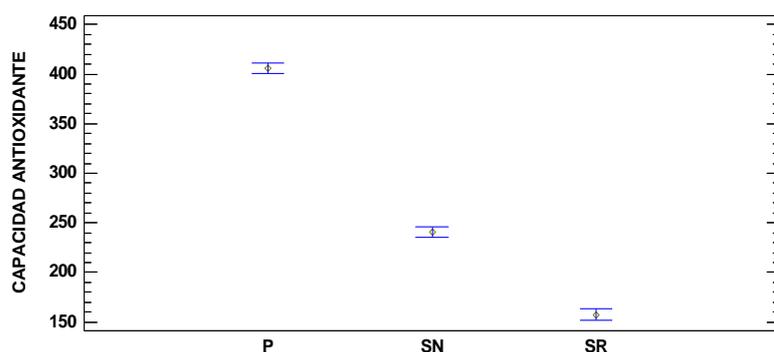


Figura 9. Comparación de medias de Tukey para la capacidad antioxidante de los frutos silvestres.

La figura 9 muestra la comparación de medias de la determinación de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres con el test de Tukey. En donde los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí, al 95% de nivel de confianza.

El Anexo 11 muestra los resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra. Los resultados que muestran son de la siguiente manera. El fruto que muestra alto capacidad antioxidante es el fruto de Pacra con 405.86 mg de trolox*eq/100gr de fruto fresco, seguido por el fruto de Siraca Negra con 240.07 mg de trolox*eq/100gr de fruto fresco y finalmente por el fruto de Siraca Roja con 157.04 mg de trolox*eq/100gr de fruto fresco. Estos resultados fueron evaluados a través del análisis de varianza ANOVA empleando el método de diferencias mínimas significativas de HSD de Tukey, como método de comparación múltiple para un nivel de confianza al 95%. En la que mostraron el (valor – $p < 0.05$), esto indica que se rechazó la hipótesis nula puesto sí existe diferencias estadísticamente significativas de los frutos silvestres. Estos resultados en comparación los reportes de los resultados según Salas, (2017) para el fruto de Machamacha fue de 23328.90 $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox} / 100 \text{ g fruta fresca}$, mientras los resultados del fruto de pacra fue superior con 405.86mg de Trolox * Eq /100gr fruto fresco. También los reportes de Aldaba *et al.*,(2016) para el fruto de arándano azul (*Vaccinium corymbusum L.*) Fue de 23200 $\mu\text{g Eq}^* \text{Trolox} / 100 \text{ g de fruta fresca}$, mientras los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante para el fruto de Siraca Negra fue de 240.07 mg Eq * trolox/100gr fruta fresca fue similar. Y el fruto de Siraca Roja que tuvo menor capacidad antioxidante con 157.04 mg de trolox eq * 100 gr de fruto fresco, según a los reportes de Rojas, (2014) para el fruto de mora (*Rubus glaucus Benth*) la capacidad antioxidante fue

en un rango de 273 mmol de trolox Eq /100 g fruto fresco. Lo cual es similar con los resultados obtenidos para el fruto de Siraca Roja.

7.3. Resultados de los fenoles totales de los frutos silvestres.

La Tabla de 18 muestra los resultados de los fenoles totales de los frutos silvestres, en promedio de 5 repeticiones. En esta tabla se puede observar que el fruto con mayor contenido de fenoles totales es el fruto de Siraca Negra con un promedio de 1560.48 mg AGE/ 100 gr de fruto fresco. Seguido por Siraca Roja con un promedio de 1452.07 mg AGE/100gr de fruto fresco y finalmente el fruto de Pacra con 1307.08 mg AGE/100gr de fruto fresco. Los resultados están expresados en mg de ácido gálico equivalente (AGE) dado que se utilizó como estándar el ácido gálico.

Tabla 18. Resultado de los fenoles totales de los frutos silvestres.

Frutos silvestres	fenoles (mg AGE/ 100 g fruto fresco)		
	(\bar{X})	\pm	(S)
Siraca Negra	1560.48 ^a	\pm	4.977
Siraca Roja	1452.07 ^b	\pm	2.799
Pacra	1307.08 ^c	\pm	3.023

\bar{X} : promedio de 5 repeticiones; **S**: desviación estándar: Letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test Tukey, con $\alpha = 5\%$. Los datos empleados para su cálculo se muestran en el Anexo 13.

Los resultados del análisis estadístico mediante el análisis de varianza ANOVA tiene un valor – p que resultó ser menor que 0.05 nivel de significancia como se muestra en el (anexo 15) por tanto se rechazó la hipótesis nula y se demostró que existe una diferencia significativa en los resultados de los fenoles totales de los frutos silvestres al 95% nivel de confianza. Y para verificar la diferencia de las medias se analizó mediante el método de Tukey HSD como se muestra en la figura 10.

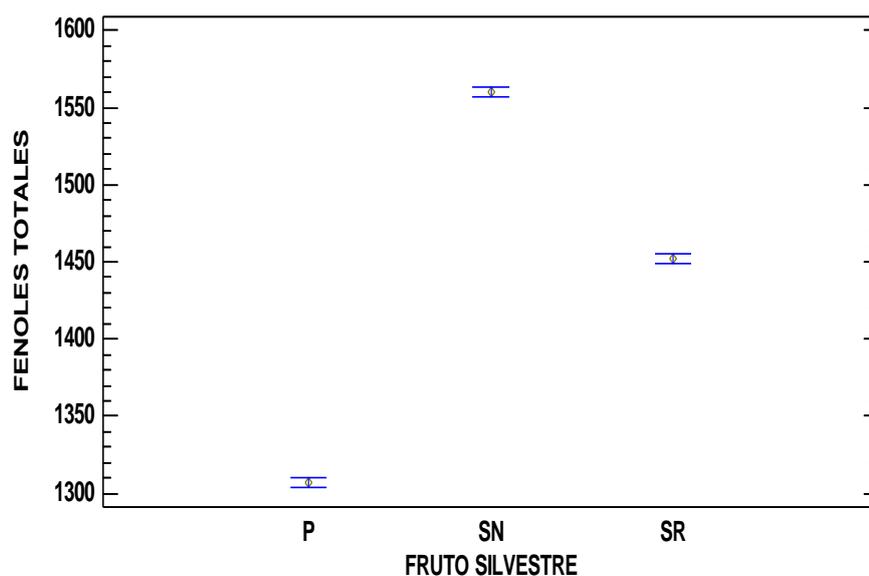


Figura 10. Comparación de medias de Tukey HSD para fenoles totales de los frutos silvestres

En la figura 10 se muestra la comparación de medias de la determinación de fenoles totales de los frutos silvestres con el test de Tukey. En donde los frutos Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí, al 95% de nivel de confianza.

El Anexo 15 muestra los resultados obtenidos de la determinación de los fenoles totales de los frutos silvestres, Siraca Negra, Siraca Roja y pacra. Los resultados que se muestra son de la siguiente manera: el fruto que muestra alto contenido de los fenoles totales es el fruto de Siraca Negra con 1560.48 mg de AGE/100g de fruto fresco, seguido por Siraca Roja con 1452.07 mg de AGE/100g de fruto fresco finalmente el fruto de Pacra muestra un resultado menor en comparación con otros frutos con 1307.08 mg de AGE/100g de fruto fresco. Estos resultados fueron evaluados y tabulados a través del análisis de varianza ANOVA empleando el método de diferencias significativas de Tukey HSD como método de comparación múltiple para un nivel de confianza al 95%. En donde se mostraron el (valor- $p < 0.05$), lo cual indica que se rechazó la hipótesis nula al ver que sí existe diferencias estadísticamente significativas de los frutos silvestres. Estos resultados en comparación con los reportes según Salas, (2017) para el fruto de frambuesa silvestre (*Rubus roseus* Poir) fue de 5370.42 mg de AGE/100g de fruto fresco que fue superior al fruto de Siraca Negra con 1560.48 mg de AGE/100g de fruto fresco. Esta diferencia puede atribuirse a las diferentes condiciones del índice de madurez de los frutos Pino, (2017). Mientras Martínez et al., (2011) reporta para el fruto de

Zarzamora (*Rubus adenotrichus* Schlttdl) 2923 (mg AGE / 100 g fruto fresco) y los reportes por Barrios, (2007) para el fruto de arándano cv. Elliot (*Vaccinium corymbosum* L) fue de 2454,76 mg AGE /100 g de fruto que fresco fueron similares a los resultados obtenidos para los frutos de Siraca Negra con 1560.48mg de AGE/100g de fruto fresco y Siraca Roja con 1452.07 mg de AGE/100g de fruto fresco; en tanto, los resultados obtenidos según (Aldaba *et al.*, 2016) para el fruto de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) obtuvo como resultado de fenoles totales 1681 (mg AGE /100 g fruto fresco) los cuales en comparación con los resultados para los frutos en estudio son similares. Por tanto los frutos estudiados también son una fuente importante de fenoles.

CONCLUSIONES

- ✓ Los frutos utilizados para la presente investigación, demostraron ser una fuente importante de antioxidante, el fruto silvestre que mostró mayor capacidad antioxidante es el fruto de Pacra (*hesperomeles palsensis* C. Scheneider). y los frutos que mostraron menor capacidad antioxidante son los frutos de Siraca Negra (*rubus sparciflorus* j. f Macbr), Siraca Roja (*rubus urticifolius* Poir), respectivamente.

- ✓ El fruto silvestre con mayor contenido de fenoles totales corresponde al fruto de Siraca Negra (*rubus sparciflorus* j. f Macbr) seguido por Siraca Roja (*rubus urticifolius* Poir) y Pacra (*hesperomeles palsensis* C. Scheneider) estos últimos con menor contenido de fenoles totales.

- ✓ De estos resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres podemos destacar que el fruto de Pacra (*hesperomeles palsensis* C. Scheneider) tiene mayor capacidad de radicales libres, por otra parte los frutos de Siraca Negra (*rubus sparciflorus* j. f Macbr) y Siraca Roja (*rubus urticifolius* Poir) demostraron su alto contenido de fenoles totales.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar los estudios para determinar las antocianinas de los frutos silvestres y su degradación.
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante en comparación a otras metodologías como ABTS, FRAP, ORAC.
- ✓ Determinar el contenido de flavonoides de estos frutos silvestres.
- ✓ Promover su valor agregado y estudiar su valoración económica con nivel comercial sobre estos frutos silvestres.
- ✓ Realizar estudios para el uso en productos procesados como bebidas debido a que los frutos silvestres demostraron tener alto contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Agudo, L. (2010). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos. ISSN: 1989-9041.
- Ahmet, F., Colak, N., Primetta, A., Riihinen, K., Jaakola, L., Cruz, J., . . . Torun, H. (2017). Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Different-Colored and non-Pigmented Berries of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). *Food Bioscience*, 20, 67-78. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.06.004>.
- Aldaba, J., Concha, V., Enciso, V., Carranza J. (2016). Funcionalidad del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas. Zacatecas, Mexico. Recuperado en:
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/73.pdf>.
- Álvarez, N. & Bague, A. (2011). Los alimentos funcionales, una oportunidad para una mejor salud. Libro 1ra edición. Madrid- España.
- AOAC. (1990). Asociación of oficial Analytical Chemistts. Oficial methods of Analysis. Gaithersburg.
- AOAC, (2003). Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Washington, U.S.A.
- Armenteros, A., Martínez, N., Domínguez., A & Morales, E. (2012). Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. Eurocarne. (207): 63 – 73.
- Barrios, J.O. (2007). Efectos sobre las características físicas y químicas de frutos de arándano cv. Elliot (*vaccinium corymbosum* l) bajo mallaje de sombra para el control de la madurez. Tesis de maestría. Universidad Austral de Chile.
- Butler, (1992). Antinutritional effects of condensed and hydrolyzable tannins, in Plant Polyphenols: Synthesis, Properties and Significance, Hemigway, R.W. and Laks, P.E., Eds., Plenum Press, New York, 693–698.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., y Berset, C. (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensm. Wiss. U. Technol.
- Carrasco, (2008) Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú, 74 (2), 108-124.

- Castañeda, C., Arnao, I., Suárez, S, Cisneros, R. & Trabucco, J. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Revista Horizonte Médico*, 8, 56-72.
- Chuquimia, F., Alvarado, A., Peñarieta J., Bergenståhl, B., & Åkesson, B. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoides de cuatro especies vegetales de la región andina de Bolivia. Instituto de Investigaciones Químicas, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Criado y Moya, (2009). Vitaminas y antioxidantes servicios de Medicina Interna y Urgencias. Actualizaciones el médico. Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Del Carpio, (2009) Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75 (1), 76-86.
- Fisher, G., Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*. Consultada 05 de Marzo 2017. Disponible en:
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25079>.
- Gimeno, C. (2004). Compuestos Fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *OFFARM* 23(6).
- Gómez, M. (2010). Desarrollo y evaluación de estrategias analíticas para la caracterización de compuestos bioactivos en alimentos funcionales. Tesis de doctoral. Facultad de Ciencias química analítica. Universidad de granada. Granada.
- Grotewold, E. (2005). *The Science of Flavonoids*, Springer, Nueva York, Estados Unidos.
- Harborne y Williams, (2001). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 52,481-504.
- Hayasida W, Sousa S, Lima P, Nascimento C, Ferreira G. (2008) Proposta de Aproveitamiento em Resíduos de Paurinha (*Brosimum rubescens*) descartados pelo sector Madeireiro. *Acta Amazônica*. v. 38 (4). Manaus-Brasil. 2008. 749-752pp.
- Hill, J. W., & Kolb, D. K. (2000). *Química para el nuevo milenio*. TX, Estados Unidos de America: PEARSON.

- Hurst, (2002). *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kähkönen et al., (2001). *Berry phenolics and their antioxidant activity*. 2001, *Journal of Medicinal Food chemistry*, Easton, v. 49, p.4076-4082.
- Lee, P., Principe, F., Bruni, R., Guerrini, A., & Rossi, D. et al., (2004). *Reactive oxygen species, ageing, and antioxidants nutraceuticals*. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 3: 21-33.
- Lema, C. (2009). *Plantas y frutos silvestres comestibles*. C.c Archivo de Asociación Nacional para la Defensa, Recuperación y Estudio terapéutico de la raza Asnal (A.N.D.R.E.A)- España.
- Lock, (1994). *Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. 2da.ed. Lima- Peru. 300 p.
- Martínez, D., Freitas, V., Buelga, C. S., Gameiro, P., Nieves, P., Olivera, J., & Faria, A (2000). *Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta*. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 50,5-18
- Martínez, A. (2016). *Evaluación de la actividad antioxidante de frambuesas comerciales*. Universidade da Coruña. Facultade de Ciencias.
- Miquel, et al., (1989). *Historical introduction of free radical and antioxidants biomedical researcj*. *CRC Handbook of free radicals and antioxidants*. Vol 1. Boca Ratón, FL: CRC.
- Olmedilla B., Granada F. (2007). *Componentes bioactivos. Alimentos funcionales: proximacion a una nueva alimentación*. *Revista Chilena de Nutrición*, 28(2), 368-380.
- Paladino, S. (2008). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (Vitis vinífera l)*. Tesis Mg. Mendoza, Argentina, Universidad Nacional de Cuyo.
- Pellegrini et al., (2006), *Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, must, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assay*. *Molecular Nutrition and Food Research*, Weinheim, v. 50, n. 11, p. 1030-1038.
- Pino, C.M. (2017). *Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (Vaccinium corymbosum L.)*. Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile.

- Price, et al., (2017). Efecto del refrigerado y congelado en el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante de arándanos (*Vaccinium Corymbosum*, Variedad "Biloxi") cultivados en diferentes microclimas de Perú, Tesis de grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas- Lima Perú.
- Puzanowska, H. (2009). Biological function of some elements and their compounds. *Rev. Selenium organic compounds.*; 159 (9): 249.
- Repo, R., & Enzina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.
- Rojas P., Martinez, J. & Stashenko E. (2014) contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos de mora (*rubus glaucus benth*) obtenidos bajo diferentes condiciones. *vitae*, 21 (3), 218-227.
- Ronald, P. (2005). Standarized methods for the determination of Antioxidant Capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Rev. Agric. food chem.* 53, 4290-4302.
- Salas, (2017) capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de los frutos silvestres machamacha (*gaultheria glomerata (cav.) sleumer*), condorpausan (*monnina vargassi ferreyra*), alaybilí (*vaccinium corymbosum kunth*) y frambuesa silvestre (*rubus roseus poir*). Tesis de pregrado Universidad nacional José María Arguedas Andahuaylas Apurímac
- Sánchez, y Paniagua, L. (2008) Biosensores amperométricos de tirosinasa para la determinación de compuestos fenólicos en medios acuosos y no acuosos. Tesis Doc. España. Universidad Complutense de Madrid.
- Shahidi, (2000). Los antioxidantes en las plantas y las semillas oleaginosas, en los radicales libres en los alimentos: Química, Nutrición y Efectos en la salud. Morello, MJ, Shahidi, F., y Ho, CT., Eds., ACS Symposium Series 807. American Chemical Society, Washington, DC, 162-175.
- Starke Reed, (2003). Antioxidantes. nutrición del instituto nacional de estudios sobre el envejecimiento. Maryland, Estados Unidos.
- Venero J (2002) daño oxidativo, radicales libres y antioxidants revista cubana medicina militar, vol.31recuperado el 05 de junio de 2018, de la base de datos de: http://7www.bv.cu/revistas/mil/vol_31_2_02mil09202.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1: Cálculo de los resultados de la determinación del % de humedad de los frutos silvestres.

Fruto silvestre	pmh (g)	pms (g)	%	% de humedad	X	S
SIRACA NEGRA	10.044	1.728	100	82.80	82.82 ± 0.03	
	10.042	1.728	100	82.79		
	10.042	1.724	100	82.83		
	10.042	1.726	100	82.81		
	10.042	1.721	100	82.86		
SIRACA ROJA	10.032	1.749	100	82.57	82.60 ± 0.03	
	10.032	1.744	100	82.62		
	10.032	1.743	100	82.63		
	10.032	1.748	100	82.58		
	10.032	1.744	100	82.62		
PACRA	10.032	2.148	100	78.59	78.62 ± 0.03	
	10.032	2.142	100	78.65		
	10.032	2.142	100	78.65		
	10.032	2.147	100	78.60		
	10.032	2.144	100	78.63		

ANEXO 2: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de la humedad de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<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	55.7931	2	27.8965	36705.96	0.0000
Intra grupos	0.00912	12	0.00076		
Total (Corr.)	55.8022	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para % de humedad por fruto

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

<i>FRUTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
P	5	78.624	X
SR	5	82.604	X
SN	5	82.818	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P – SN	*	-4.194	0.0466437
P – SR	*	-3.98	0.0466437
SN – SR	*	0.214	0.0466437

* indica una diferencia significativa

ANEXO 3: Cálculo de los resultados del pH y solidos solubles totales (°Brix) de los frutos silvestres.

Fruto silvestre	pH	X	S	°Brix	X ±	S
SIRACA NEGRA	2.6	2.6	0.07	9.7	9.6 ±	0.23
	2.7			9.6		
	2.6			9.8		
	2.6			9.6		
	2.5			9.2		
SIRACA ROJA	2.1	2.18	0.08	8.9	8.8 ±	0.19
	2.2			8.8		
	2.1			9.1		
	2.3			8.7		
	2.2			8.6		
PACRA	3.2	3.06	0.17	5.3	5.2 ±	0.26
	2.8			5.4		
	3.1			4.9		
	3			5		
	3.2			5.5		

ANEXO 4: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey del pH de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.93733	2	0.968667	72.65	0.0000
Intra grupos	0.16	12	0.0133333		
Total (Corr.)	2.09733	14			

Prueba de Múltiples Rangos para pH por fruto silvestre.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

<i>MUESTRA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
N2	5	2.18	X
R1	5	2.6	X
P3	5	3.06	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
N2 - P3	*	-0.88	0.159118
N2 - R1	*	-0.42	0.159118
P3 - R1	*	0.46	0.159118

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 5: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de la °Brix de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	54.2453	2	27.1227	521.59	0.0000
Intra grupos	0.624	12	0.052		
Total (Corr.)	54.8693	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para °Brix por Fruto

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>FRUTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
P	5	5.22	X
SR	5	8.82	X
SN	5	9.58	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P – SN	*	-4.36	0.314234
P – SR	*	-3.6	0.314234
SN – SR	*	0.76	0.314234

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 6: Cálculo de los resultados del acidéz total de los frutos silvestres.

FRUTO SILVESTRE	N	Á. cítrico g/meq	V (gasto del alcalí) ml	peso de la muestra	%	% de ácido total (g de ácido cítrico)	X ±	S
SIRACA NEGRA	0.1	0.064	12.1	10.03	100	0.77	0.78 ±	0.04
	0.1	0.064	12.4	10.03	100	0.79		
	0.1	0.064	11.9	10.03	100	0.76		
	0.1	0.064	11	10.03	100	0.70		
	0.1	0.064	12.3	10.03	100	0.78		
SIRACA ROJA	0.1	0.064	13	10.02	100	0.83	0.81 ±	0.02
	0.1	0.064	12.8	10.02	100	0.82		
	0.1	0.064	12.9	10.02	100	0.82		
	0.1	0.064	12.9	10.02	100	0.82		
	0.1	0.064	12.3	10.02	100	0.79		
PACRA	0.1	0.064	2.85	10.01	100	0.18	0.18 ±	0.01
	0.1	0.064	2.79	10.01	100	0.18		
	0.1	0.064	2.5	10.01	100	0.16		
	0.1	0.064	2.65	10.01	100	0.17		
	0.1	0.064	2.85	10.01	100	0.18		

ANEXO 7: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey para acidez total de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.26449	2	0.632247	1215.86	0.0000
Intra grupos	0.00624	12	0.00052		
Total (Corr.)	1.27073	14			

Pruebas de múltiples rangos para acidéz total por fruto

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD.

<i>FRUTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
P	5	0.174	X
SN	5	0.76	X
SR	5	0.816	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P – SN	*	-0.586	0.0314234
P – SR	*	-0.642	0.0314234
SN – SR	*	-0.056	0.0314234

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 8: Cálculo de resultados para índice de madurez de los frutos silvestres.

Frutos silvestres	solidos solubles totales (SST)	acidez total titulable (ATT)	índice de madurez (I.M)	X	±	S
Siraca negra	9.7	0.77	12.56	12.14	±	0.7
	9.6	0.79	12.13			
	9.8	0.76	12.91			
	9.6	0.70	13.68			
	9.2	0.78	11.72			
Siraca roja	8.9	0.83	10.72	10.83	±	0.2
	8.8	0.82	10.76			
	9.1	0.82	11.04			
	8.7	0.82	10.56			
	8.6	0.79	10.95			
Pacra	5.3	0.18	29.09	29.63	±	0.6
	5.4	0.18	30.27			
	4.9	0.16	30.66			
	5	0.17	29.51			
	5.5	0.18	30.18			

ANEXO 9: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de índice de madurez de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<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	1116.92	2	558.458	1676.55	0.0000
Intra grupos	3.9972	12	0.3331		
Total (Corr.)	1120.91	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para índice de madurez por fruto

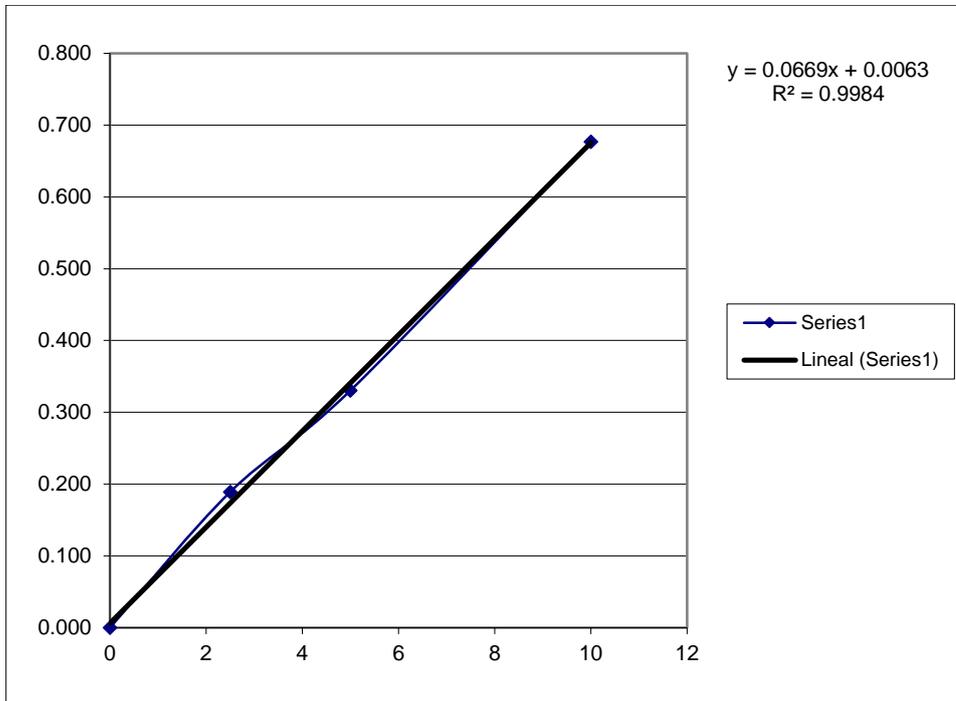
Método: 95.0 porcentaje tukey HSD

<i>FRUTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SR	5	10.806	X
SN	5	12.6	X
P	5	29.942	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P - SN	*	17.342	0.795313
P - SR	*	19.136	0.795313
SN - SR	*	1.794	0.795313

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 10: Grafica de curva estándar de calibración Trolox de la capacidad antioxidante. Absorbancia



ANEXO 11: Resultados de la capacidad antioxidante de los frutos silvestres.

Fruto	REPETICIÓN	PROM	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
SRIACA NEGRA	244.9	240.7	4.2
	234.7		
	238.9		
	244.3		
	240.7		
SIRACA ROJA	145.1	157.54	9.5
	150.0		
	163.6		
	167.2		
	161.8		
PACRA	399.2	405.86	5.4
	407.5		
	406.3		
	402.8		
	413.5		

ANEXO 12: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey de capacidad antioxidante de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	159771.	2	79885.7	1760.13	0.0000
Intra grupos	544.636	12	45.3863		
Total (Corr.)	160316.	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para capacidad antioxidante por fruto silvestres.
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>FRUTO SILVESTRE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SR	5	157.54	X
SN	5	240.66	X
P	5	405.86	X

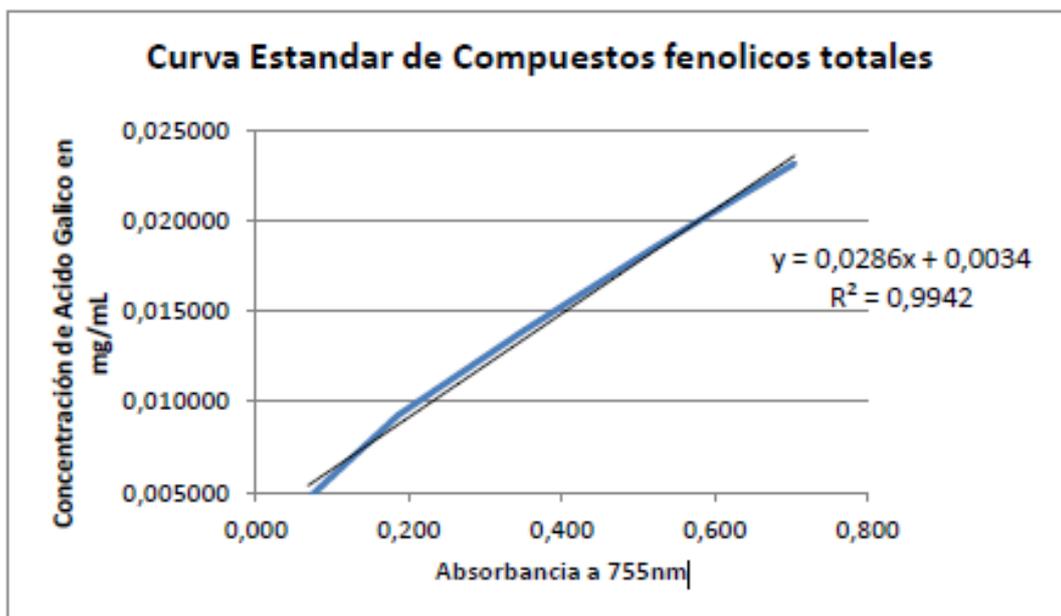
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P – SN	*	165.2	11.3985
P – SR	*	248.32	11.3985
SN – SR	*	83.12	11.3985

* indica una diferencia significativas

ANEXO 13: Cálculo de los resultados para determinar los fenoles totales.

FRUTOS SILVESTRES	Abs	a	b	Y	dilución 2ml de extracto en 20 ml de metanol	V ml	p (g)	C.F.T mg AGE 100 g.b.s	x	s
SIRACA NEGRA	2.608	0.0286	0.0034	0.07119	11	20	1.004	1559.91	1560.48	4.977
	2.602	0.0286	0.0034	0.07102	11	20	1.006	1553.06		
	2.611	0.0286	0.0034	0.07127	11	20	1.002	1564.91		
	2.614	0.0286	0.0034	0.07136	11	20	1.003	1565.23		
	2.602	0.0286	0.0034	0.07102	11	20	1.002	1559.26		
SIRACA ROJA	2.431	0.0286	0.0034	0.06613	11	20	1.003	1450.43	1452.07	2.799
	2.438	0.0286	0.0034	0.06633	11	20	1.002	1456.28		
	2.432	0.0286	0.0034	0.06616	11	20	1.004	1449.62		
	2.436	0.0286	0.0034	0.06627	11	20	1.003	1453.57		
	2.431	0.0286	0.0034	0.06613	11	20	1.003	1450.43		
PACRA	2.208	0.0286	0.0034	0.05975	11	20	1.002	1311.85	1307.08	3.023
	2.201	0.0286	0.0034	0.05955	11	20	1.003	1306.15		
	2.211	0.0286	0.0034	0.05983	11	20	1.007	1307.21		
	2.203	0.0286	0.0034	0.05961	11	20	1.006	1303.51		
	2.206	0.0286	0.0034	0.05969	11	20	1.005	1306.68		

ANEXO 14: Curva de calibración de fenoles totales.



ANEXO 15: Análisis de varianza (ANOVA) y diferencias mínimas significativas HSD de Tukey para fenoles totales de los frutos silvestres Siraca Roja, Siraca Negra y Pacra.

<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	161636.	2	80818.1	5808.95	0.0000
Intra grupos	166.952	12	13.9127		
Total (Corr.)	161803.	14			

Pruebas de múltiple rangos para fenoles totales por fruto silvestre

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>FRUTO SILVESTRE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
P	5	1307.08	X
SR	5	1452.07	X
SN	5	1560.47	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
P - SN	*	-253.394	6.3109
P - SR	*	-144.986	6.3109
SN - SR	*	108.408	6.3109

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 16: ANEXOS FOTOGRÁFICOS



Imagen 1. Fruto de siraka roja



Imagen 2. Fruto de pacra



Imagen 3. Fruto de siraka negra

ANEXO 17: Recolección de los frutos silvestres.



Imagen 4. Fruto de siraka roja



Imagen 5. Fruto de siraka negra



Imagen 6. Fruto de pacra

ANEXO 18: Imagen de determinación de humedad de los frutos silvestres



Imagen 7. Determinación de humedad en estufa



Imagen 8. Peso final de los frutos

ANEXO 19: Imágenes de la determinación de °Brix.



Imagen 9. Selección de los frutos



Imagen 10. Extracción del zumo de Siraka roja



Imagen 11. Trituración del fruto de pacra

ANEXO 20: Imágenes de la parte experimental de la determinación de los compuestos fenólicos de los frutos silvestres



ANEXO 21: Preparación de los reactivos.

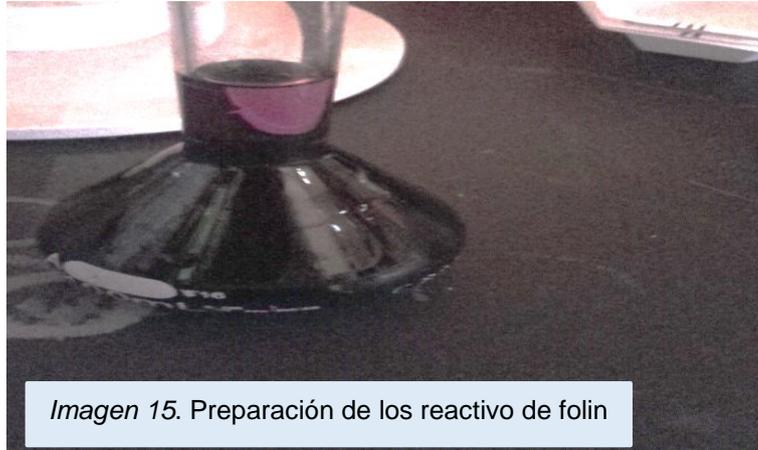


Imagen 15. Preparación de los reactivo de folin



Imagen 16. Preparación de los reactivos



Imagen 17. Cambio de coloración de los reactivos.

ANEXO 22: Imágenes del laboratorio de UNSAAC



ANEXO 23: Constancia del análisis de capacidad Antioxidantes



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-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco 27 de Septiembre del 2018

Solicitantes : Abelardo Yanahuilca Vargas
Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante
Metodo : DPPH.
Tipo de Muestras : Frutos Silvestres
Cantidad de Muestra : 3, Sriraka Roja, Sriraka negra, Pacra con 100g 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 : $y = 0.0669x + 0.0063$, $R^2 = 0.9984$

	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	Trolox CI50 mg/100gr
Sriraka negra	244.9	234.7	238.9	244.3	240.7	240.73
Sriraka Roja	145.1	150.0	163.6	167.2	161.8	185.01
Pacra	399.2	407.5	406.3	402.8	413.5	405.87

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 miligramos 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.
- Choquenaira P J, Avances "Determinación de la Actividad Antioxidante a las Fracciones de Flavonoides Aisladas de las Hojas de Muembechcia Volcanica Mullaka" EPG UNSAAC 2018
- Park JH, Lee YJ, Kim YH, Yoon KS 2017. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Seeds Cultivated in Korea Prev. Nutr. Food Sci. 2017;22(3):195-202, pISSN 2287-1098 · eISSN 2287-8602




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

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERALES			Entrada/Independiente		Experimental Experimental (Cuantitativo)
¿Cuál es la capacidad antioxidante, los compuestos bioactivos (fenólicos) de los frutos silvestres? Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider)	Determinar la capacidad antioxidante, y los compuestos bioactivos (fenólicos) de los frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider)	Los frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider) presentan alto contenido de capacidad antioxidante.	Siraca roja Siraca negra Pacra	Frutos silvestres	
			Salida/ Dependiente		
ESPECÍFICOS			DIMENSIONES		
¿Cuál es la capacidad antioxidante de frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider)? ¿Cuál es el nivel de los fenoles totales de los frutos silvestres Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider)	Determinar la capacidad antioxidante de los frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider) Determinar los fenoles totales de los frutos silvestres Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider)	Los frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider) presentan alto contenido de capacidad antioxidante. Los frutos silvestres: Siraca Roja (<i>Rubus urticifolius</i> Poir), Siraca Negra (<i>Rubus Sparciflorus</i> j. f macbr), Pacra (<i>Hesperomeles palcensis</i> C. Schneider) presentan alto contenido de fenoles totales bioactivos (fenólicos).	Lectura de absorbancia a una Longitud de onda 765 nm.	Compuesto Fenólico en Miligramos de ácido gálico equivalente (AGE) por cada 100 g de fruta fresca.	Método de (Folin Ciocalteu)
			Lectura de absorbancia a una Longitud de onda 765 nm.	Miligramos de á. Gálico (AGE) por cada 100 g de fruta fresca.	Espectrofotométrico