

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL



Presentado por

Bach. LIDO ALLCCA HUARCAYA

EVALUACIÓN DEL COLOR, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN OCA (*Oxalis tuberosa Mol*), EN CONDICIONES DE FRESCO, SOLEADO Y COCCIÓN DE LAS VARIETADES UMA HUACULLA Y YANA OQA

Asesor:

Ing. MSc. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2021

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



EVALUACIÓN DEL COLOR, COMPUESTOS FENÓLICOS Y  
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN OCA (*Oxalis tuberosa Mol*),  
EN CONDICIONES DE FRESCO, SOLEADO Y COCCIÓN DE  
LAS VARIEDADES UMA HUACULLA Y YANA OQA.

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL

**Presentado por:**

Bach. ALLCCA HUARCAYA, Lido

**Asesor:**

Ing. MSc. LIGARDA SAMANEZ, Carlos Alberto

ANDAHUAYLAS - APURIMAC - PERÚ



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 09:10 horas del día 12 de noviembre del 2021, mediante uso de la plataforma virtual Google Meet, se reunieron en forma remota los docentes: Ing. Fidelia Tapia Tadeo, Ing. David Choque Quispe y Ing. Fredy Taipe Pardo, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis: "EVALUACIÓN DEL COLOR, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN OCA (*Oxalis tuberosa Mol*), EN CONDICIONES DE FRESCO, SOLEADO Y COCCIÓN DE LAS VARIEDADES UMA HUACULLA Y YANA OQA", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **LIDO ALLCCA HUARCAYA**, asesor MSc. Carlos A. 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 **LIDO ALLCCA HUARCAYA** obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota en escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
18	Dieciocho	Excelente

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

Ing. Fidelia Tapia Tadeo  
Presidente del Jurado Evaluador

  
Ing. Msc. David Choque Quispe  
C.I.P. N° 75470

Ing. David Choque Quispe  
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Ing. Fredy Taipe Pardo  
Segundo Miembro del Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación especialmente a las personas que más amo, mi hijo Matheus, a mi esposa Evelyn y mis queridos padres Fidel y Filomena, quienes fueron mi ayuda en momentos difíciles.

## **EPÍGRAFE**

"Quien sea feliz también hará feliz a otros"

**Anne Frank**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Díos todo poderoso quien conduce mi vida y por obrar en mí sus promesas de amor y haberme permitido llegar hasta esta etapa importante de mi vida Profesional.

- ✓ A mi hijo Matheus, mi esposa Evelyn, mis hermanos Nayson y Elvis, mi madre Filomena y el hombre que Díos me dio por padre Fidel Allcca, a ustedes por su cariño, apoyo incondicional y por su comprensión durante este tiempo.
- ✓ A los miembros del jurado evaluador Dr. David Choque Quispe, Mg. Fredy Taipe Pardo e Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, por sus aportes muy importantes en este trabajo de investigación.
- ✓ Al Ing Herson Arone Palomino encargado de Laboratorio de Química de la Universidad Nacional José María Arguedas.
- ✓ A Karel D, Olga, Kariña, porque a más de ser mis colegas son y serán siempre mis amigos, gracias por su apoyo, cariño, confianza y afecto que me brindaron, agradezco a Díos por sus vidas, los aprecio.
- ✓ A mis compañeros de aula Eliseo, Henry por su ayuda y consejos durante toda nuestra carrera y Miriam O. por sus bromas y risas interminables.
- ✓ A Dr. Julio Cesar Sichez Múños que hoy nos ilumina desde el cielo, también aportador de este trabajo de investigación, siempre estarás en el corazón de tus alumnos de la EPIA.
- ✓ Finalmente quiero expresar mis más grandes y sinceros agradecimientos al Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, el principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimientos y enseñanzas permitió el desarrollo de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CHUMASQA .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Situación Problemática .....	1
1.2. Problema de la investigación .....	2
1.3. Hipótesis de la investigación .....	2
1.4. Objetivo de la investigación .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación .....	4
CAPÍTULO 2. – ANTECEDENTES .....	1
2.1. Antecedentes nacionales de la Investigación.....	1
2.2. Antecedentes Internacionales de la Investigación.....	4
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Bases teóricas .....	7
3.1.1. Oca .....	7
3.1.2. Clasificación taxonómica .....	8
3.1.3. Los ecotipos de oca.....	8
3.1.4. Composición nutricional de la oca .....	11
3.1.5. Composición química de la oca. ....	11
3.1.6. Color.....	12

3.1.7.	Compuestos fenólicos .....	18
3.1.8.	Antioxidantes.....	23
3.1.9.	Capacidad antioxidante .....	28
3.1.10.	Actividad antioxidante por DPPH.....	28
3.1.11.	Radicales libres.....	29
3.1.12.	Métodos de determinación de capacidad antioxidantes. ....	31
3.1.13.	Soleado.....	32
3.1.14.	Cocción.....	34
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		37
4.1.	Lugar de ejecución.....	37
4.2.	Materiales, instrumentos y equipos .....	37
4.3.	Población y muestra .....	38
4.3.1.	Población .....	38
4.3.2.	Muestra .....	38
4.3.4.	Unidad de análisis .....	38
4.4.	Tipo de investigación .....	39
4.5.	Operacionalización de variables .....	40
4.6.	Métodos de análisis. ....	40
4.7.	Metodología experimental.....	43
4.7.1.	Evaluación del color de la superficie de los dos ecotipos de oca. 43	
4.7.2.	Método de cuantificación de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.....	43
4.7.3.	Procedimiento para la cuantificación de capacidad antioxidante 48	
4.7.4.	Determinación de Humedad.....	49
4.8.	Diseño experimental y análisis estadístico .....	50

4.8.3. Prueba de hipótesis.....	53
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
5.1. Resultados de la humedad de los tubérculos de oca. ....	55
5.2. Evaluación de los parámetros de color en coordenadas colorimétricas. ....	56
5.3. Discusión de los resultados de cordenadas de color L*a*b* .....	63
5.4. Resultado de compuestos fenólicos de los dos ecotipos de oca en condiciones de fresco, soleado y cocción. ....	65
5.5. Discusión de resultados de compuestos fenólicos .....	67
5.6. Resultado de la capacidad antioxidante de oca en condiciones de fresco, soleado y cocción.....	70
5.7. Discusión de resultados de capacidad antioxidante .....	72
5.8. Correlación de variables ecotipo Yana oqa .....	75
5.9. Correlación de variables ecotipo Uma huaculla .....	78
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....	97

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Descripción general de la oca “Uma huaculla”. -----	9
Tabla 2: Descripción general de la oca “Yana oqa” -----	10
Tabla 3: Composición química de la Oca. -----	11
Tabla 4: Clasificación de los compuestos fenólicos. -----	20
Tabla 5: Contenido de fenoles en diferentes tubérculos. -----	22
Tabla 6: Clasificación de los antioxidantes. -----	25
Tabla 7: Principales Antioxidantes Naturales y Sintéticos. -----	26
Tabla 8: Contenido de capacidad antioxidante en Tubérculos. -----	29
Tabla 9: Lista de reactivos e insumos usados en la investigación. -----	37
Tabla 10: Lista de material vegetal que se utilizó en la investigación. -----	37
Tabla 11: Lista de equipos e instrumentos de investigación. -----	38
Tabla 12: Operacionalización de variables de estudio. -----	40
Tabla 13: Preparación para la curva estándar a diferentes concentraciones -----	46
Tabla 14: Arreglo experimental del tipo DBCA. -----	51
Tabla 15: Interpretación de $R_s$ de Pearson -----	54
Tabla 16: Humedad de los dos ecotipos de oca (%). -----	55
Tabla 17: Luminosidad ( $L^*$ ). de los dos ecotipos de oca. -----	56
Tabla 18: Coordenada $a^*$ de los dos ecotipos de oca -----	58
Tabla 19: Croma $b^*$ de los dos ecotipos de oca. -----	61
Tabla 20: Discusión de la variabilidad de color en diferentes condiciones -----	63
Tabla 21: Compuestos fenólicos de los dos ecotipos de oca. -----	65
Tabla 22: Comparación de la variabilidad de C. Fenólicos en diferentes condiciones -----	68
Tabla 23: Capacidad antioxidante de los dos ecotipos de oca -----	70
Tabla 24: Comparación de la variabilidad de C. antioxidante en diferentes condiciones -----	73
Tabla 25: Correlación de variables para Yana oqa fresca -----	75
Tabla 26: Correlación de variables para Yana oqa soleado -----	76
Tabla 27: Correlación de variables para Yana oqa cocción -----	77
Tabla 28: Correlación de variables para Uma huaculla fresca -----	78
Tabla 29: Correlación de variables para Uma huaculla soleado -----	79
Tabla 30: Correlación de variables para Uma huaculla cocción -----	80

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Imagen de la oca ecotipo Uma huaculla.....	9
Figura 2: Imagen de la oca ecotipo Yana Oqa. ....	10
Figura 3: Diversidad de ocas.....	14
Figura 4: Representación del sistema de medición CIE L* a* b*.....	16
Figura 5: Diagrama de cromaticidad de espacio de color. ....	17
Figura 6: Estructura química del fenol.....	19
Figura 7: Estructura química de los polifenóles.. ....	21
Figura 8: Interacción de antioxidantes con radicales libres .....	24
Figura 9: Reacción del - tocoferol con un radical peroxilo.....	27
Figura 10: Actividad antioxidante del DPPH .....	28
Figura 11: Diagrama experimental procedimiento, operación a seguir en los 3 ratamientos .....	41
Figura 12: Diagrama de flujo para preparación del extracto hidroalcohólico .....	44
Figura 13: Diseño experimental.....	50
Figura 14: Luminosidad L* para Yana oqa en diferentes condiciones .....	57
Figura 15: Luminosidad L* para Uma huaculla en diferentes condiciones .....	58
Figura 16: Cromo a* para Yana oqa en diferentes condiciones.....	60
Figura 17: Cromo a* para Uma huaculla en diferentes condiciones .....	60
Figura 18: Cromo b* para Yana oqa en diferentes condiciones.....	62
Figura 19: Cromo b* para Uma huaculla en diferentes condiciones .....	63
Figura 20: Compuestos fenólicos de Yana oqa en diferentes condiciones .....	66
Figura 21: Compuestos fenólicos de Uma huaculla en diferentes condiciones.....	67
Figura 22: Capacidad antioxidante de Yana oqa en diferentes condiciones .....	71
Figura 23: Capacidad antioxidante de Uma huaculla en diferentes condiciones ....	72

## LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1: Matriz de consistencia .....	98
ANEXO 2: Resultados de la humedad en los tubérculos .....	99
ANEXO 3: Resultados de las coordenadas $L^*a^*b^*$ .....	100
ANEXO 4: Análisis de Varianza ANOVA para Luminosidad $L^*$ Yana oqa ..	101
ANEXO 5: Pruebas de Múltiple Rangos para $L^*$ por Condiciones .....	101
ANEXO 6: Análisis de Varianza ANOVA para $L^*$ Uma huaculla .....	102
ANEXO 7: Pruebas de Múltiple Rangos para $L^*$ por Condiciones .....	102
ANEXO 8: Análisis de Varianza ANOVA para Croma $a^*$ Yana oqa.....	103
ANEXO 9: Pruebas de Múltiple Rangos para Croma $a^*$ por Condiciones ..	103
ANEXO 10: Análisis de Varianza ANOVA para Croma $a^*$ Uma huaculla ...	104
ANEXO 11: Pruebas de Múltiple Rangos para Croma $a^*$ por Condiciones	104
ANEXO 12: Análisis de Varianza ANOVA para Croma $b^*$ Yana oqa.....	105
ANEXO 13: Pruebas de Múltiple Rangos para Croma $b^*$ por Condiciones	105
ANEXO 14: Análisis de Varianza ANOVA para Croma $b^*$ Uma huaculla ...	106
ANEXO 15: Pruebas de Múltiple Rangos para Croma $b^*$ por Condiciones	106
ANEXO 16: Cálculo de los resultados de Compuestos Fenólicos totales de los tubérculos de oca de los dos ecotipos en condiciones de fresco soleado y cocción.....	107
ANEXO 17: Gráfico de curvas estándar de calibración de ácido gálico para la determinación de compuestos fenoles.....	108
ANEXO 18: Análisis de Varianza para CFT (mg AGE/100g bh) para Yana oqa en diferentes condiciones .....	108
ANEXO 19: Pruebas de Múltiple Rangos para C. Fenólicos por Condiciones .....	109
ANEXO 20: Análisis de Varianza para CFT (mg AGE/100g b.h.) para Uma huaculla en diferentes condiciones.....	109
ANEXO 21: Pruebas de Múltiple Rangos para C. Fenólicos por Condiciones .....	110
ANEXO 22: Cálculo de los resultados de la Capacidad antioxidante de los tubérculos de ocas de los dos ecotipos en condiciones de fresco, soleado	

y cocción. ....	111
ANEXO 23: Gráfico de curvas estándar de calibración de Trolox para la determinación capacidad antioxidante.....	112
ANEXO 24: Análisis de Varianza para Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Eq* Trolox}$ /g bh) para Yana oqa en diferentes condiciones .....	112
ANEXO 25: Pruebas de Múltiple Rangos para C. Antioxidante por Condiciones .....	113
ANEXO 26: Análisis de Varianza para Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Eq* Trolox}$ /g bh) para Yana oqa en diferentes condiciones .....	113
ANEXO 27: Pruebas de Múltiple Rangos para C. Antioxidante por Condiciones .....	114
ANEXO 28: Imágenes de oca ecotipo Yana oqa.....	115
ANEXO 29: Imágenes de oca ecotipo Uma huaculla. ....	116
ANEXO 30: Imágenes de la parte experimental de evaluación de color ....	118
ANEXO 31: Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la oca .....	120
ANEXO 32: Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la oca .....	121

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

AGE	:	Ácido gálico equivalente
DPPH	:	Radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
ANOVA	:	Análisis de varianza
ABTS	:	Radical ácido 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico)
AOAC	:	Métodos Oficiales de Análisis, Asociación de Químicos Analíticos de Química Analíticos Oficiales.
CIP	:	Centro internacional de la papa
CA	:	Capacidad antioxidante
CFT	:	Compuestos fenólicos totales
bs	:	Base seca
bh	:	Base Húmeda
TE.	:	Equivalente de trolox
FD	:	Factor de dilución
Hue	:	Ángulo de tono
IC	:	Concentración Inhibitoria
L*	:	Luminosidad
a*	:	Intensidad de color verde rojo
b*	:	Intensidad de color azul amarillo
msnm	:	Metros sobre el nivel del mar
mf	:	Muestra fresca
CIEL*a*b*	:	Comisión internacional de iluminación
TE	:	Trolox Equivalente
L**	:	Radical libre
LOO*	:	Radical peróxido
A*	:	Radical estable
AH	:	Antioxidante
cm	:	Centímetros
DBCA	:	Diseño de Bloques completamente al azar
mg	:	Peso de la muestra en gramos
g	:	Gramos

mg	:	Microgramos
$H_0$	:	Hipótesis nula
$H_A$	:	Hipótesis alterna
$F_0$	:	Estadístico de Prueba
pH	:	Potencial de hidrogeniones.
V	:	Volumen de muestra
P	:	Peso de la muestra
m.s	:	Materia seca
pg	:	Peso de la muestra en gramos
L	:	Litros
$\mu L$	:	Micro litro
m	:	Muestra
ml	:	Mililitros
°C	:	Temperatura en grados Celsius.
T	:	Tratamientos
R	:	Repeticiones
pms	:	Peso de la muestra seca
pmh	:	Peso de la muestra húmeda
$RO_2^\bullet$	:	Radical libre
$RH^\bullet$	:	Radical en cadena
min	:	Minutos
Abs	:	Absorbancia
Y	:	Yana oqa
U	:	Uma huaculla
Eq.	:	Equivalente
nm	:	Nanómetros
bh	:	Base húmeda
bs	:	Base seca

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla. Se evaluó el color por el sistema CIEL\*a\*b\* haciendo uso de un colorímetro, los compuestos fenólicos por espectrofotometría utilizando el indicador Follin Ciocalteau y la capacidad antioxidante mediante la metodología de decoloración del radical DPPH; usando el reactivo Trolox como estándar de calibración. Los resultados por triplicado, fueron evaluados a través del análisis de varianza ANOVA, test de Tukey y coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5%. Se observó que, el ecotipo Uma huaculla soleado presentó un mayor valor en coordenadas de color L\* a\* b\* con 37.9, 29.71 y 13.55 respectivamente; y después de la cocción se generó un incremento de 81% en L\*, en cromas a\* y b\* disminuyó en 57% y 84% respectivamente. Mientras que el ecotipo Yana oqa soleada presentó las coordenadas de color L\* a\* b\* con valores de 27.41, 22.84 y 5.59 respectivamente; incrementando solo en L\* después de la cocción un 49% y en cromas a\* y b\* se observó una disminución. La oca ecotipo Yana oqa soleado presentó mayor contenido de compuestos fenólicos con 2114.7 (mg AGE/100g bh); observándose una disminución de 51% después de la cocción. Para el ecotipo Uma huaculla también el valor alto fue en soleado con 1990.5 (mg AGE/100g bh); generándose una disminución de 61% en cocción. La mayor capacidad antioxidante fue para el ecotipo Yana oqa soleado con 77.6 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ); notándose una disminución de 9% después de la cocción. Seguido del ecotipo Uma huaculla soleado con 73.2 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ); con una disminución de 8% después de cocción. En conclusión el ecotipo Yana oqa predominó en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en soleado, mientras que el ecotipo Uma huaculla predomina en el contenido de color L\*a\*b\* en soleado y cocción.

**Palabras Clave:** Oca, color, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

## ABSTRACT

This paper was aimed to evaluate phenolic compounds, color and antioxidant capacity of the oca (*Oxalis tuberosa* Mol). The condition samples of the ecotypes Yana oca and Uma huaculla were in fresh, sunny and cooked. The color was evaluated by the CIEL\*a\*b\* using a colorimeter, the phenolic compounds by spectrophotometry using Follin Ciocalteu index and the antioxidant capacity using free radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) technique. The analyses were carried out in triplicate which were evaluated by ANOVA, Tukey test and Pearson's correlation coefficient with a 5% significance level. It was observed that sunny Uma huaculla ecotype showed a higher value in L\* a\* b\* with 37.9, 29.71 and 13.55 respectively. The L\* value increase 81% in the cooked sample and the chroma a\* and b\* decrease 57% and 84% respectively. The sunny Yana oca ecotype showed L\*a\*b\* values of 27.41, 22.84 and 5.59 respectively which increase 49% in L\* after cooking and the a\* and b\* chromas decrease. The sunny Yana oca ecotype showed a higher value of phenolic compound with 2114.7 mg AGE/100 g bh while after cooking, the value decrease 51%. In addition, the sunny Uma huaculla ecotype showed a higher value of 1990.5 mg AGE/100g bh while after cooking, the value decrease 61%. About the antioxidant capacity, the sunny Yana oca ecotype showed a value of 77.6  $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox/g bh}$  which is greater than after cooking which decrease 9%. Concerning the sunny Uma huaculla which shows a value of 73.2  $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox/g bh}$  and a decrease of 8% after cooking. In conclusion, the Yana oca ecotype predominates in the content of phenolic compounds and antioxidant capacity in sunny conditions, while the Uma huaculla ecotype predominates in the L\*a\* b\* color content in sunny and cooking conditions.

**Keywords:** Oca, color, phenolic compounds, antioxidant capacity.

## CHUMASQA

Kay taripay qillqapi qispiynin maynam kachkan color nisqan, Compuestos Fenólesninkuna hinataq Capacidad Antioxidante kay oqa rurupi (Oxalis Tuberosa Mol), kaykuna poqusqapi, chayraq allasqapi inaspa qawisqa chanataq yanusqapi kay iskay rurunkunapi Yana oqa chaynataq Uma huaculla nisqapi. Chay color nisqata taripacuynin ruwakurqa sistemawan CIEL\* a\* b\* kay colímetronisqawan, chay llapan compuestukuna Fenolesninkuna taripaynimpaqñataq uk reactivo Folin Ciocalteu nisqanwan ruwakurqa, chaynallataq ácido gálicuwan, inataq capacidad antioxidante taripanapaqmi ruwakurqa uk reactivo radical DPPH nisqanwan, chaynallataq Troloxwan. Qispiqninkunañataq kimsa kutikama chaninchasqa, tukuy niraq qawapasqa (ANOVA), hukman Test Tukey nisqawan, inataq correlaciónincunañataq Pearsonisqanwan, chay tupachina 95 % riqsisqa kasqanta. Rikukurqam chay oqa rurupi Uma huacullanisqata qawisqapi riqsichikun allin achka cordedadasninkunapi color L\* a\* b\* kay 37.9, 29.71, 13.55 chay nisqaman inalla, chaynallataq yanusqapi yapakurqa astawan 81% chay L\* nisqapi, kay croma a\* inaspa croma b\* pisiyarqa 57% inataq 84% nisqamam inalla. Chaynataq uknin ruruñataq Yana oqa Qawisqapi tarikurqa coordenadas colorninkunapi L\* a\* b\* kay 27.41, 22.84, 5.59 nisqamam inalla, chaynallataq yanusqapi yapakurqa L\* nisqan 49% chaynallataq croma a\* croma b\* inaspa riqsichikurqa pisiyarqanta. Qatiqninñataq Chay llapan fenolespa yupayninmi, hatun qispirun Yana oqa qawisqapi 2114.7 (mg AGE/100g bh); chaynallataq qawakurqa pisiyarqanta kay 51% chay yanurusqanmanta. Uknin rurunpin Uma huacullapi chaynallataq qawisqapi karqa 1990.5 (mg AGE/100g bh); chaypas Yanusqapin uchullarqa 61%. Chaynallataq Capacidad Antioxidante nisqapi karqa qatun yupayninmi Yana oqa isaño qawisqapi 77.6 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ) kaypi qawakurqa pisiyarqanta kay 9% chay yanurusqanmanta. Uknin rurunpin Uma huacullapi chaynallataq qawisqapi karqa 73.2 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ); chaypas Yanusqapin pisiyarqa 8%. Tukupanapaq taripachwan allin hatun hatun niraq llapan fenolesninkunapi inaspa kay capacidad antioxidante yuq karqa Yana oqa Qawisqapi, chaynallataq Uma huacullapi allin hatun hatun niraq karqa color L\*a\*b\* nisqapi atunyaspa qawisqapi chaynallataq inaspa yanusqapi.

***Tiksi rimaykuna:*** *Isaño, colornisqa, Fenolkuna chaynataq Antioxidantikuna.*

## INTRODUCCIÓN

La oca es una planta perenne de un ciclo anual de vida, es una de las plantas más antiguas de la región andina de nuestro país, muestra la mayor cantidad en formas, diversidad de ecotipos, colores y tamaños.

El tubérculo de oca fue cultivado y preservado a lo largo del tiempo por las civilizaciones prehispánicas, este tubérculo es un alimento natural que hace una importante contribución de energía, carbohidratos, proteínas, hierro, fósforo, ceniza, y vitaminas, en la dieta de muchos pueblos de los andes peruanos. La oca es uno de los tubérculos más importantes por el valor nutritivo y es catalogado como el segundo tubérculo más cultivado después de la papa en el mundo (C.I.P, 2015). El Perú produce ocas de diferentes ecotipos, colores, tonalidades y tamaños que contribuyen al desarrollo socioeconómico de las zonas rurales debido a sus características agronómicas. Según (Baldeón, 2013) la oca muestra una alta variación en sus niveles nutritivos; la mayoría incluso tan buenos o mejores que la papa, de acuerdo al estado en que se encuentren en su almacenamiento o cocción, pues este alimento contiene las propiedades de color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. La oca así como otros tubérculos nativos es rico en compuestos bioactivos especialmente en fenoles y antioxidantes, que son sustancias existentes en determinados alimentos que nos protegen frente a los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades, el cuerpo las produce pero, la acción de estas enzimas barredoras, pueden ser suplementadas por una dieta rica en antioxidantes (Robles, 2016). Según (Taípe, 2017) menciona que en el soleado el tubérculo incrementa el contenido de fenoles y capacidad antioxidante.

Por ello la presente investigación tiene por objetivo evaluar el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos Yana oca y Uma huaculla.

# CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Situación Problemática

La oca es uno de los tubérculos más apreciados en el ámbito rural Apurimeño, por sus colores, ecotipos, tamaños y formas; lo consumen en diferentes condiciones como fresco en sopas, gisos, soleado en mazamorras, horneados y sancochados, tal que en nuestra provincia de Andahuaylas la producción de la oca con respecto al año 2018 es de 1.75 miles de toneladas (MINAGRI, 2018). La provincia cuenta con uno de sus distritos más productivos en oca (San Jerónimo) que produce 138 toneladas de oca por año (MINAGRI, 2018). Esta cantidad de producción se obtiene en los meses de mayo y junio donde hay mayor producción.

La oca es uno de los tubérculos más apreciados en el ámbito rural Apurimeño, por sus colores, ecotipos, tamaños y formas. Estas son consumidas en fresco, soleado con la ayuda del fuego para su cocción; en este proceso no tenemos en cuenta las propiedades de color, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, para reducir en gran parte la disminución de estas propiedades funcionales y consumir un alimento con alto contenido de compuestos nutraceuticos. Por la que se identificó un problema la cantidad de disminución de estas propiedades, que ayudan en el sistema inmune a contra restar a las enfermedades neuro degenerativas.

Por tanto, se realizó el estudio de la oca de dos ecotipos Yana oqa y Uma huaculla, evaluando sus propiedades funcionales en condiciones de fresco, soleado y cocción ya que este alimento reúne el contenido en las propiedades de color, antioxidantes y compuestos fenólicos.

## 1.2. Problema de la investigación

### Problema general

- ✓ ¿Cuales el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?

### Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el color, de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?
- ✓ ¿Cuál es el contenido de compuestos fenólicos de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?
- ✓ ¿Cuál es la capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?

## 1.3. Hipótesis de la investigación

### Hipótesis general

- ✓ Los dos ecotipos de tubérculos de oca en diferentes condiciones de (fresco, soleado y cocción) muestran un incremento en los contenidos de color compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.

### Hipótesis específicas.

- ✓ Las condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos de tubérculos de oca, muestran un incremento en el contenido de color.
- ✓ Las condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos de tubérculos de oca, favorece el incremento en el contenido de

compuestos fenólicos.

- ✓ Las condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos de tubérculos de oca, muestran una mejora en el contenido de capacidad antioxidante.

#### **1.4. Objetivo de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Evaluar el color de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla.
- ✓ Cuantificar el contenido de compuestos fenólicos de oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla.
- ✓ Cuantificar la capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa Mol*), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Dada la problemática mundial de buscar alimentos cada vez más naturales, frescos y de mejores propiedades funcionales, la OMS en 2003 estableció los rangos orientativos de ingesta de los principales nutrientes y de alimentos para asegurar el mantenimiento de un estado nutricional y una dieta equilibrada, que permite el correcto funcionamiento fisiológico del organismo y ayudar a prevenir, disminuir el riesgo de padecer ciertas enfermedades. Por lo tanto hoy en día el consumidor manifiesta preferencias claras por aquellos alimentos que se consideran benéficos para la salud.

Hoy en día el desarrollo de nuevos alimentos a partir de productos naturales con altos contenidos en propiedades funcionales se ha convertido en los principales objetivos de la industria alimentaria, por lo tanto están en la búsqueda de nuevos productos; la oca es uno de los alimentos que cumple nutricionalmente con las propiedades funcionales, es decir que presenta un adecuado balance en proteínas, minerales y carbohidratos, a la vez existe muchos ecotipos y dentro de ellos existen colores como púrpura, rojo, rosado, negro y gris que rebelan un contenido de color.

En nuestra alimentación los seres humanos ingerimos sustancias necesarias para nuestro metabolismo, pero en el transcurso injustamente se produce especies secundarias como son los radicales libres, muy reactivos y oxidantes que como consecuencia trae efectos negativos para nuestra salud; por ende necesitamos consumir productos naturales con alto valor de propiedades funcionales para hacer frente a esta oxidación.

En la actualidad en el Perú y en el mundo existe un interés creciente, en el uso de antioxidantes y fenoles en la industria alimentaria, para el tratamiento de enfermedades y prevención del desarrollo de algunas patologías (Taípe, 2017).

Los tubérculos de oca no pueden comerse en fresco inmediatamente después de ser cosechados porque contienen cristales de oxalato de calcio, por ello se

colocan varios días al sol, para que termine de madurar y puedan comerse crudos o cocidos (Cadima, 2006), esta manera de consumir el tubérculo de oca viene desde nuestros ancestros, por ello la idea de evaluar el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla, ya que las propiedades en estudio son utilizados en la industria alimentaria para dar color y retrasar la oxidación de los radicales libres en los procesos (Brand *et al.*, 1995).

La investigación de estas propiedades funcionales ya mencionadas, nos dará a conocer más a la materia prima (oca), para su industrialización según a la cantidad y en el estado que más reúna las propiedades funcionales de este tubérculo y dándole a futuro un mayor aprovechamiento del tubérculo en procesos Agroindustriales, utilizando tecnología adecuada para darle un valor agregado y ser transformado en productos con alto contenido de color, fenoles y antioxidantes.

## CAPÍTULO 2. – ANTECEDENTES

### 2.1. Antecedentes nacionales de la Investigación

Taípe (2017), evaluó fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra del departamento de Huancayo. El contenido de fenoles y actividad antioxidante de las variedades de mashua, se determinó mediante los métodos de espectrofotometría utilizando el indicador (Folin-Ciocalteu) para fenoles y el radical (DPPH) para capacidad antioxidante. Se reportó que los compuestos fenólicos para la variedad negra fue 17.43 fresco, 18.60 soleado, 16.65 cocido mg de ácido gálico/g bh, mientras la variedad amarillo zapallo reportó valores de (10.51 fresco, 12.46 soleado, 10.37 cocido) mg ácido gálico/g y para la capacidad antioxidante reportó que la mashua negra y amarillo zapallo (fresco, soleada y cocido) (109.24, 114.50, 110.83), (15.38, 20.83, 19.46)  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  de muestra) respectivamente. Concluyó que alcanza el mayor valor de fenoles totales en estado soleado tanto en las dos variedades, y que en cocida y fresco no presenta diferencias significativas y para la capacidad antioxidante fue el mayor valor en la mashua negra soleada en contraste con variedad amarillo zapallo.

Pacco (2015), realizó la evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua (*Tropaeolum tuberosum R. et P.*) del departamento de Puno. Determinó los parámetros del tiempo de soleado, tiempo y temperatura de cocción en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua. Mediante el método de solución ABTS para antioxidante y los compuestos fenólicos con reactivo (Folin-Ciocalteu), con la ayuda de un espectrofotómetro. Reportó la capacidad antioxidante en 0, 5, 10 y 15 días, en donde fue 4.009, 3.503, 3.122 y 2.617  $\mu\text{mol Trolox Eq. /g}$  de muestra. Para los compuestos fenólicos del puré deshidratado de mashua no existe estabilidad respecto al tiempo de almacenamiento en donde fue 41.204, 39.632, 38.349 y 36.997 mg de ácido gálico/100g de muestra. Concluyó que

el parámetro maximizado es tratamiento nueve con una temperatura de 60°C y tiempo de 10 minutos y con un valor de 4.692  $\mu\text{mol}$  trolox eq /g y la cantidad de compuestos fenólicos fue 50.032mg de ácido gálico/100g.

Baldeón (2013), formulación y evaluación de un alimento deshidratado dulce a partir de la mezcla de harina y residuos sólidos de oca (*Oxalis tuberosa*) del departamento de Huancayo. Evaluó el contenido de fenoles y capacidad antioxidante en oca Púrpura en fresco y cocido, mediante el método espectrofotométrico para fenoles totales con reactivo Folin Ciocalteau y para capacidad antioxidante por decoloración con el reactivo DPPH. Reportó que en oca Púrpura fue (fresco 3855 y cocido 1020) mg EAG/ 100g. mientras en la variedad Amarilla (fresco 3685, cocido 795) mg EAG/ 100g. Para antioxidantes en variedad Púrpura fue (fresca 441.31, cocido 529.23)  $\mu\text{mol}$  trolox eq /g. Mientras en la variedad Amarilla (fresca 556.21 y cocido 392.89)  $\mu\text{mol}$  trolox eq /g. Concluyó que la correlación entre la capacidad antioxidante con el contenido de fenoles totales, no sólo depende de la concentración y la calidad antioxidante que poseen los compuestos presentes, sino de su interacción con otros componentes, el procesamiento aplicado y la metodología utilizada.

Mixcan (2015), estudió fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.), de la región Cusco. Evaluó fenoles totales y capacidad antioxidante por el método espectrofotométrico con reactivo Folin Ciocalteau para fenoles y la capacidad antioxidante por el método de decoloración del radical con solución ABTS. Reportó los resultados de fenoles totales en crudo fue 8.00 clon morado y 33.24 clon negro mg GAE/100 g. y en cocidas 9.87 clon morado a 44.23 clon negro mg GAE/100 g. Para capacidad antioxidante en crudo fue 20.93 clon morado y 280.54 clon negro  $\mu\text{mol}$  TE/100 g y valores en muestras cocidas fueron 33.60 clon morado y 336.05 clon negro  $\mu\text{mol}$  TE/100 g. Concluyó que de acuerdo a los datos obtenidos la papa de clon negra presentó mayor concentración de compuestos bioactivos, tanto en fenoles

totales como antioxidantes, este es del color más oscuro se puede decir que los colores están directamente vinculados a los compuestos bioactivos.

Araujo (2012), realizó el estudio fitoquímico y nutricional de tres variedades de oca (*Oxalis tuberosa*) del distrito de Manta, provincia y departamento de Huancavelica. Evaluó el contenido de fenoles totales y el color en tres variedades de oca (rojo grisáceo, amarillo señorita y rosado). Por el método espectrofotométrico utilizando el reactivo Folin Ciocalteau para fenoles y el color mediante el sistema CIEL\*a\*b\*. Reportó el mayor contenido de fenoles totales fue según variedad (390.98 rosado, 314.39 amarillo señorita y 295.24 rojo grisáceo) mg ácido gálico equivalente/100g respectivamente. El color según las variedad fue (52.28 L\*, 7.87 a\*, 4.56 b\* rosado, 49.18L\*, 5.37 a\*, 3.48 b\* amarillo señorita y 41.42L\*, -4.38 a\*, 2.70 b\* rojo grisáceo). Concluyó que el contenido de fenoles totales, donde alcanza el mayor valor es en la variedad de oca rosado, seguido por Amarillo s. y por último grisáceo.

Robles (2016), estudió el efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en el contenido de vitamina c y capacidad antioxidante en zumo de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) de la región Puno. Determinó la capacidad antioxidante en dos variedades Oca kello y Keni rojo mediante el método de decoloración con solución ABTS. Reportó que utilizando cuatro tipos de proceso de pasteurización del zumo (65°C/30 min, 75°C/12 min, 85°C/6 min, 90°C/5 min), reportó para variedad kello fue 395.04 umol de Trolox equivalente/ml con temperatura y tiempo de pasteurización de 65°C por 30 minutos este resultado es menor en comparación de la variedad keni rojo con 683.20 umol de Trolox equivalente/ml a 75°C por 12 minutos es el que contiene mayor capacidad antioxidante de todos los tratamientos en la investigación. Concluyó que el mejor tratamiento para la mayor capacidad antioxidante es para el zumo de la variedad Keni rojo a temperatura 75°C por 12 minutos.

Castillo (2017), investigó el efecto del fritado en la obtención de chips de oca (*Oxalis tuberosa Mol*)", evaluó el contenido de humedad y el color en chips de oca en las variedades Kenny y Macura amarilla por los métodos para humedad (AOAC), y color con sistema CIEL\*, a\* y b\*. Reportando los

resultados de humedad 84.1% kenny 77.73 % M. amarilla, mientras en el color fue para Keny fresco (L\* 69.10 a\* 3.70 b\*7. 80) frito 3 minutos (L\*36.7 a\*8.07 b\* 5.33 ) variedad amarilla fresca (L\*70.17, a\*6.97 b\*34.37) frito (L\*38.90 a\*10.13 b\*36.5). Concluyó que la variedad Kenny reportó valores mayores en % de humedad con respecto Macura amarilla y en color presentó valores altos para la variedad Macura Amarilla tanto en la fritura de los chips de oca.

## 2.2. Antecedentes Internacionales de la Investigación

Paucar (2014), realizó la investigación: “Composición química y capacidad antioxidante de dos variedades mashua (*Tropaeolum tuberosum*): amarilla chaucha y zapallo” de Ecuador. Evaluó efecto de los procesos de secado y cocción en contenido de capacidad antioxidante de mashua en estado (fresco, seco y cocido) de las variedades amarilla y Zapallo. Mediante el método de decoloración DPPH, para color se utilizó el sistema CIEL\*a\*b\*. Reportó la capacidad antioxidante para variedad Amarilla chaucha fue (1.8, 1.6 y 1.5), Zapallo (3.6, 3.4 y 3.8)  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra (fresco, seco y cocido) respectivamente. Mientras el color para variedad amarilla chaucha la L\* luminosidad fue (67.5, 58.7, 48.9) Zapallo (58.6, 54.5, 49.8) (fresco, seco y cocido). Concluyó que la variedad que presentó mayor actividad antioxidante fue la variedad Zapallo. Los tratamientos de secado y cocción no afectaron la capacidad antioxidante de la variedad Amarilla chaucha a diferencia de la variedad Zapallo que luego de la cocción presentó un incremento que podría relacionarse con la degradación de pigmentos con actividad antioxidante provocando la formación de compuestos bioactivos beneficiosos.

Crespo (2016), estudió el proceso de cocción en patata violette (*Solanum tuberosum* var. *Blue*) de España. Evaluó efectos de diferentes temperaturas y tiempos de cocción a vacío sobre las pérdidas de color y humedad de las patatas. Mediante los métodos para cocción sous-vide (cocción de los cilindros envasados a vacío en bolsas termorresistentes) y para evaluar el color con el sistema de coordenadas de color CIEL\*a\*b\*. Reportó la humedad 3.71 g de agua/g de producto seco, para el color de la papa morada fue en

fresco ( $L^*24.11$ ,  $a^* 9.23$ ,  $b^*-6.18$ ), en cocción ( $L^*43.59$ ,  $a^*0.74$ ,  $b^*0.12$ ). Concluyó que el análisis de los tratamientos y los parámetros de humedad y color no muestran diferencia entre la cocción a presión atmosférica y entre la cocción a vacío.

Pérez (2014), estudió efecto de la fritura a presión reducida en el contenido de antioxidantes de mashua (*Tropaelum tuberosum*) de Ecuador. Evaluó la influencia de la fritura a presiones reducidas sobre la capacidad antioxidante en chips de mashua en tratamientos de fresco, escaldada (90°C por 10 minutos), fritura (180°C por 2 minutos) y al vacío (5.25 kpa 110°C por 14 minutos). Por los métodos para capacidad antioxidante con DPPH, fenoles totales por el reactivo (Follin Ciocalteau) y para color utilizó el sistema CIEL\*a\*b\*. Reportó la actividad antioxidante (13.93, 42.70, 11.12, 10.41)  $\mu\text{mol eq.trolox/g}$  (fresca, escaldada, deshidratada y fritura) respectivamente y contenido de fenoles totales (3.76, 2.78, 0.83, 0.59)  $\mu\text{g Eq.ácido gálico/g}$  (fresca, escaldada, deshidratada y fritura) respectivamente. Para color externo (67.27  $L^*$ , 11.38  $a^*$ , 53.61  $b^*$ ). Concluyó que el contenido de capacidad antioxidante total se ve afectado por el proceso de obtención de chips de mashua determinado por el método DPPH, donde existe una reducción del 67.11% en escaldado, con respecto a la muestra fresca. En el contenido de fenoles totales se conserva en mayor cantidad en escaldado seguida de deshidratada y finalmente en fritura hay una pérdida no considerable en la obtención de chips.

Monar (2014), determinó la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa* Mo): Bola kamusa y lluchu oca de Ecuador. Evaluó efectos de los procesos de fresco, secado y cocción sobre la capacidad antioxidante en dos variedades de oca. Con el método decoloración DPPH y la evaluación de color mediante el sistema CIEL\*a\*b\*. Reportó la capacidad antioxidante fue (8.12, 2.36, 2.56) lluchú oca (8.07, 4.45, 4.56) B. Kamusa  $\mu\text{mol TE/g}$  muestra en fresco, seco, cocido respectivamente. Para el color fue (60.82, 60.01, 44.76)  $L^*$  lluchu oca (60.89, 73.5, 55.34)  $L^*$  B. Kamusa fresco, seco, cocido respectivamente. Concluyó

que la mayor capacidad antioxidante es la variedad Lluch'u oqa en el estado fresco atribuyéndose esto a las antocianinas que le dan color un morado a la pulpa, mientras que para la variedad Bola kamusa se obtuvo valores superiores a la variedad Lluch'u oca después del secado y cocción.

Oña (2015), determinó la Composición Química y Capacidad Antioxidante de dos Variedades de Papas Nativas (*Solanum Tuberosum*): Tushpa y Uvilla en estado fresco y cocido de Ecuador. Evaluó la influencia del tratamiento térmico sobre el color, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de dos variedades de papas nativas. Por el método para color sistema CIEL\*a\*b\* con un colorímetro, antioxidantes por reactivo DPPH y los compuestos fenólicos por reactivo Folin-Ciocalteu. Reportó que el color  $L^*$ , en variedad Uvilla fue 47.4  $L^*$ , 56.8  $L^*$  en fresco y cocido respectivamente y en variedad Tushpa 45.3  $L^*$ , 42.3  $L^*$  en fresco y cocido respectivamente, en el contenido de fenoles la variedad Tushpa obtuvo valores (1.50, 1.60), y en Uvilla (1.23, 1.10) mg ác.Galico/g en fresco cocido respectivamente. Para capacidad antioxidante con mayor valor fue la variedad Tushpa (12.3, 25.00) seguido de Uvilla (4.5, 10.00)  $\mu\text{mol TroloxE/g}$  muestra fresco y cocido respectivamente; luego de la cocción ambas variedades (Uvilla y Tushpa) mostraron incremento de capacidad antioxidante. Concluyó que el tratamiento de cocción provocó una ligera degradación de contenido de fenoles en la variedad de papa Uvilla, a diferencia de la variedad Tushpa que luego de la cocción se incrementó.

## CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

### 3.1. Bases teóricas

#### 3.1.1. Oca

La oca (*Oxalis tuberosa Mo*), es una planta perenne de un ciclo anual en su producción de tubérculos generalmente largos, angostos de colores vivos, sus tamaños son de (30 a 80 cm) de altura y está considerada dentro de las plantas cultivadas más antiguas de la región andina. Esto se debe a que prospera en climas adversos y suelos pobres a una altitud de entre 2300 y 4100 msnm, donde el clima es frío, pero con suficiente precipitación (mayor que 600 milímetros) y sin la incidencia de heladas extremas. Se le puede encontrar en los Andes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, siendo el límite de altitud con mayor concentración de parcelas y mayor producción, la franja comprendida entre los 3000 y 3800 msnm. y se encuentra a lo largo de la cordillera de los Andes (Valdivieso, 2008). Está catalogado como el segundo cultivo después de la papa, porque forma parte de la dieta andina y su etapa de crecimiento es de 220 a 269 días, la tuberización comienza de 110 días después de la germinación.

Según Castillo (2017, p.14), hace mención que la oca es un tubérculo que proviene mucho antes que la llegada de los incas al Perú, y que su producción y su consumo ocupa el segundo lugar después de la papa en las zonas alto andinas.

Actualmente en la región de Apurímac la actividad productiva del sector agropecuario creció con mayor realce del año 2016, 2017 y 2018 destacando en la producción de papa en (39.6%), alfalfa en (40.1 %), Oca en (1.4 %) en Miles de toneladas. (Chique 2018).

### **3.1.2. Clasificación taxonómica**

**Reino:** vegetal

**Clase:** Dicotiledónea

**Subclase:** Dicotyledoneae

**Orden:** Geraniales

**Familia:** Oxalidáceae

**Género:** Oxalis

**Nombre Común:** Oca

**Especie:** Oxalis Tuberosa Molina

**Fuente:** según Ferreyra (1986, p.63)

### **3.1.3. Los ecotipos de oca**

Los ecotipos de oca se pueden identificar por propiedades principalmente en (tubérculos y planta), en tubérculos son: forma, color predominante de la piel y el color de la pulpa, mientras que en la planta son: el porte, la elongación y aspecto de los tallos, el color del follaje, la forma de las hojas, hábito de floración y color de los sépalos y pétalos (Cadima, 2006, p.353).

La clasificación de los ecotipos de oca se hace de acuerdo a la forma, apariencia externa, color y posterior uso de los tubérculos. Estas son nombradas en base a la percepción del agricultor (Nuñez, 2015, p.13).

“Según el catálogo de variedades locales de papa y oca en la actualidad existen 18 variedades comerciales reconocidas básicamente por las formas, colores y nombres” (Hermann *et al.*, 2003, p.92).

#### **3.1.3.1. Oca ecotipo (Uma huaculla)**

La descripción general de este ecotipo de oca según (Hermann *et al.*, 2003) se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Descripción general de la oca “Uma huaculla”.

Descripción General	Características
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Tiempo de almacenamiento	5 a 6 meses
Altura de la planta	60 cm
Rendimiento Kg/Planta	0.9 a 1.5
Nombres comunes	
Uma huaculla, Poroto, Puka oqa	
Tubérculo	
Color	Púrpura rojiza con blancos irregularmente distribuidos
Forma	Alargada
Flor	
Color	amarillo
Forma de la corola	Rosada
Color de sépalos	Púrpura grisácea
Color del pedúnculo	Púrpura grisácea
Tallo y hoja	
Color del tallo	Púrpura grisácea
Color envés folios	Verde amarillento con nervaduras rojo

**Fuente:** Hermann *et al.*, (2003, p.92 a 93).



**Figura 1:** Imagen de la oca ecotipo Uma huaculla; Hermann *et al.*, (2003).

### 3.1.3.2. Oca ecotipo (Yana oqa)

La descripción general de este ecotipo de oca según (Hermann *et al.*, 2003) se

muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Descripción general de la oca “Yana oqa”

Descripción General	Características
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Tiempo de almacenamiento	4 a 6 meses
Altura de la planta	40 a 60 cm
Rendimiento Kg/Planta	1.2
Nombres comunes	
Yana oqa, Wasquiño	
Tubérculo	
Color	Púrpura grisáceo oscuro
Forma	Alargada
Flor	
Color	amarillo
Forma de la corola	Semi estrellada
Color de sépalos	Verde
Color del pedúnculo	Verde amarillento
Tallo y hoja	
Color del tallo	Rojo grisáceo
Color envés folios	Verde amarillento oscuro

**Fuente:** Hermann *et al.*, (2003, p.110 a 111).



**Figura 2:** Imagen de la oca ecotipo Yana Oqa; Hermann *et al.*, (2003).

### 3.1.4. Composición nutricional de la oca

Los tubérculos de oca tienen una alta variación en sus niveles nutritivos, en promedio tiene un 84.1% de agua, 1.1% de proteína, 13.2% de carbohidratos, 0.6% grasa y 1.0% de fibra. El contenido vitamínico varía, pero puede tener cantidades significativas de retinol (vitamina A) y los tubérculos amargos contienen hasta 500 ppm de ácido oxálico (García, 2004).

### 3.1.5. Composición química de la oca.

De acuerdo a las formas, colores y tamaños de los tubérculos de oca estas son claves indicadores de que existen diferencias importantes respecto a la calidad y cantidad de metabolitos primarios (minerales, proteínas, vitaminas, ácidos grasos, glucósidos, azúcares) y entre los secundarios (saponina, alcaloides, taninos, oxalatos, carotenos, antocianinas, betacianinas) (Cajamarca, 2010, p.33), se muestra la composición en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Composición química de la Oca.

Nutrientes	Oca b.h. (%)	Oca b.s. (%)
Humedad (g)	84,1	--
Proteína (g)	1	6,29
Carbohidrato (g)	13,3	83,65
Grasa Cruda (g)	0,6	3,77
Cenizas (g)	1	6,29
Fibra (g)	1	6,89
Ácido ascórbico (mg/100g)	38,4	241,51
Calcio (mg/100g)	36	226,42
Fosforo (mg/100g)	1,6	10,06
Hierro (mg/100g)	---	---

**Fuente:** Collazos *et al.*, (1996, p. 30).

### 3.1.6. Color.

Cada persona percibe el color y como estas percepciones diferentes pueden resultar en costosos problemas relacionados al color para fabricantes y proveedores.

Es un hecho de la visión que resulta de las diferencias de la percepción de los ojos a distintas longitudes de onda que componen lo que se predomina el espectro de luz blanca reflejada, cuya longitud de onda está comprendida entre 400 y 700 nm; más allá de estos límites siguen existiendo radiaciones, pero ya no son percibidos por nuestra vista (Santo, 2018, p.4).

El color es una de las propiedad superficiales más importante de los alimentos y es un parámetro crítico en la evaluación de la calidad de un producto fresco como procesado (Foca *et al.*, 2011, p.45).

El color de los alimentos se debe, fundamentalmente, a los distintos pigmentos de origen animal y vegetal, y a sus derivados provenientes de las reacciones químicas en las que intervienen. Sin embargo, otras coloraciones además de estos pigmentos aparecen durante la fabricación, almacenamiento y preparación de los alimentos debido a compuestos producidos en las reacciones de oscurecimiento o pardeamiento. Se dividen en oscurecimiento enzimático y oscurecimiento no enzimático; estas últimas incluyen la caramelización, la reacción de Maillard y la oxidación del ácido ascórbico vitamina C (Badui, 2013, p.44).

Según Olivera (2014), para los colores de algunos productos están presentes los compuestos fenólicos que confieren a las plantas coloraciones rojas, azules o amarillas. En el caso de los tubérculos el color son las propiedades propias de los productos que se debe a las propiedades de las antocianinas y algunos pigmentos como carotenos que le dan un color característico (p.11).

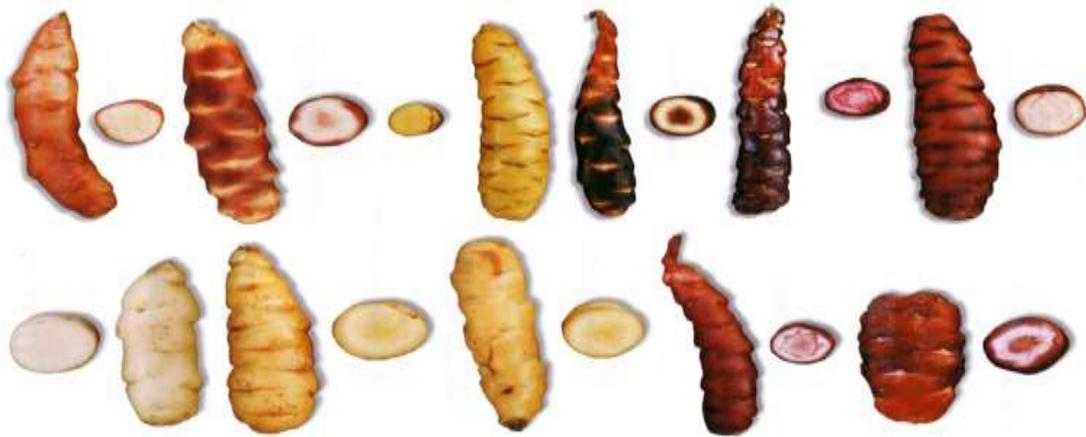
### **3.1.6.1. Color de los tubérculos de oca**

Según a la importancia del color de las superficies de cada tubérculo de oca, los descriptores señalan que existen hasta 12 variaciones de colores, que van desde el blanco a la púrpura y gris, teniendo a la vez colores intermedios blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, rojo naranja, rojo naranja oscuro, rojo, rojo pálido, púrpura grisácea (Baldeón, 2013, p.20). Para Cadima (2006), afirma “Que algunos de los descriptores de los tubérculos de oca solo han distinguido como colores base solo 5, los cuales son: blanco, amarillo, naranja, rojo, púrpura, cada una con diferentes intensidades” (p.349).

Según Robles, (2016) hace mención “Que el agricultor principalmente hace la siembra según el color, forma y la coloración de los ojos del tubérculo” (p.18).

Dentro de la gran biodiversidad de los tubérculos en nuestra región de Apurímac, que se consumen en diferentes zonas alto andinas de nuestra provincia, se encuentra la oca llamada también Ishaño de 5 tipos de colores: blanco, amarillo, naranja, rojo, púrpura, cada una con diferentes intensidades, con un sabor dulce y ligeramente ácido o amargo.

En la coloración de los tubérculos andinos es debido a las antocianinas que están presente en ellas especialmente en los colores rosado, rojo y morado, entre los más llamativos están morados a negros, rosados rojos y amarillos con yemas con colores intensos las cuales revelan un contenido de antocianinas las cuales son de interés industrial como colorantes alimenticios (Figura 3) (Carrera, 2013, p.4).



**Figura 3:** Diversidad de ocas; Hermann *et al.*, (2003).

El color y su uniformidad son componentes vitales de la calidad visual de los alimentos frescos y tienen un papel muy importante en la elección del consumidor. Sin embargo, a cambios bruscos de procesamiento como la congelación, liofilización y cocción, el color de la materia prima oca cambia claramente durante el procesado y por ello el color representa una buena guía en cuanto a su utilidad para el procesado (Brennan G, 2008).

### **3.1.6.2. Métodos de medición del color**

La evaluación del color a simple vista puede ser alterada por el tipo de iluminación, tamaño de habitación y la percepción del color el cual puede variar de un papel a otro (León *et al.*, 2006, p.39). Hoy en día la industria alimentaria utiliza muchos tipos de herramientas para medir los diferentes colores en los alimentos tales como son la colorimetría, espectrofotometría y cromatografía líquida de alta resolución.

Existen dos métodos básicos de medición del color, el sensorial y el instrumental (Delmoro *et al.*, 2010, p.147).

#### **3.1.6.2.1. Método sensorial**

Este método utiliza un panel de consumidores o panel sensorial entrenado para evaluar visualmente el color siguiendo la norma IRAM 20022: 2004, utilizando estándares de color como el Atlas RHS, y el sistema Munsell, como material de referencia. El sistema visual humano tiene una gran habilidad para

discriminar entre colores, pero una pobre memoria visual, por lo que la valoración del color es ayudada por patrones que tiene las normas ya mencionadas (Delmoro *et al.*, 2010, p.147)

### **3.1.6.2.2. Método Instrumental**

Este método consiste en el uso de las técnicas que miden la reflectancia o transmitancia de las muestras y se apoyan en equipos especializados como espectrofotómetros o colorímetros triestímulos (Delmoro *et al.*, 2010, p.147).

#### **a. Espectrofotómetros**

Es la ciencia que estudia la medición del color desarrollando los métodos para su cuantificación, ver (Figura 5); se basa específicamente en la geometría y distribución espectrales de tres elementos: la fuente de Luz, reflectividad de la muestra y la sensibilidad visual del observador. Esta ciencia transforma la percepción sensorial en números, logrando medir, comparar y reproducir los diferentes colores (Santos , 2009, p.4).

#### **b. Colorímetros Triestímulos**

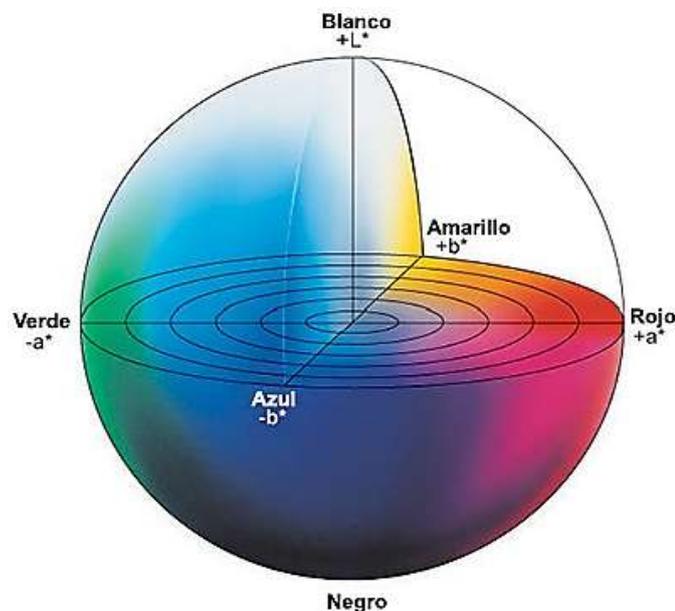
Son instrumentos que miden los valores de una forma más directa y funcionan usando tres filtros para la igualación del color correspondiente al observador colorimétrico de la CIE, (Figura 6). Su funcionamiento se basa en conceptos visuales de color, donde la muestra se ilumina en un ángulo de 45° con respecto a la línea perpendicular de la misma (Capilla *et al.*, 2002).

#### **c. Colorimetría**

Es la ciencia que estudia la medición del color desarrollando los métodos para su cuantificación, este método se basa específicamente en la geometría y distribuciones espectrales de tres elementos: la fuente de luz, la reflectividad de la muestra y la sensibilidad visual del observador. Esta ciencia transforma la percepción sensorial en números, logrando medir, comparar y reproducir los diferentes colores (Santos , 2009, p.4).

## Coordenadas de color L\*a\*b\* en la colorimetría

CIE L\*a\*b\* es la norma internacional de medición de color adaptado por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, en espacios de color definidos, incluyendo CIE XYZ, CIE L\* C\* h\* , (Figura 7), si bien existen diferentes espacios de color, el más utilizado de estos en la medición del color en los alimentos es el espacio de color L\*a\*b\* debido a que se obtiene una distribución uniforme de los colores y es muy cercana a la percepción humana del color, los colorímetros Minolta y Hunter L\*a\*b\* son algunos de los instrumentos utilizados principalmente en la medición de color (Murat *et al.*, 2011, p.149).



**Figura 4:** Representación del sistema de medición CIE L\* a\* b\* (Konica Minolta , 2003).

Cuando se clasifica los colores, lo expresa en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación (vividez). El espacio fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo (Konica Minolta , 2003, p.2), la referencia se muestra en las (Figura 8).

## L\* luminosidad

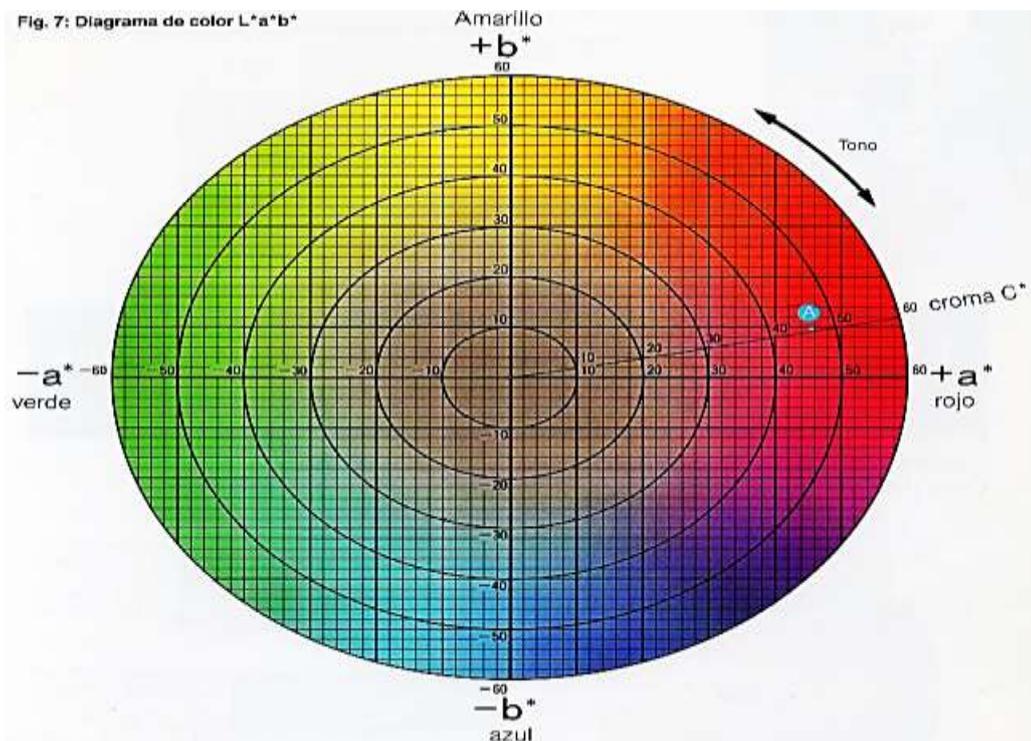
Según la evaluación de color, la variable  $L^*$  representa la luminosidad de la muestra, cuando el valor cercano a 0 el color es totalmente negro y cercanos a 100 es un color blanco.

## Croma $a^*$ (+ rojo, -a verde)

Según la colorimetría el valor de  $a^*$  es negativo entonces presenta un color verde, si es positivo es rojo

## Croma $b^*$ (+ amarillo, -b azul)

si es positivo es Amarillo y si es negativo entonces presenta color azul.



**Figura 5:** Diagrama de cromaticidad de espacio de color (Konica Minolta, 2003, p.3).

Según Monar (2014), para la medición de los colores se mide en la escala CIE  $L^*, a^*$  y  $b^*$  en donde  $L^*$  mide el brillo de la superficie,  $a^*$  representa la intensidad del color verde y rojo y  $b^*$  la intensidad del color azul y amarillo. Con los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se calcula la croma  $C_r^*$

y el ángulo de tono ( $Hue^*$ ) de acuerdo a las (Ecuaciones 1 y 2):

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

$$Hue^* = \left[ \text{arg.tg} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \right] \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$C^*$  : Tonalidad de color

$Hue^*$  : Ángulo de color

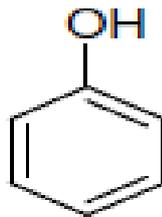
$a^*$  : Tendencia del color al rojo (positivo) o al verde (negativo)

$b^*$  : Tendencia del color al amarillo (positivo) o al azul (negativo)

### 3.1.7. Compuestos fenólicos

Según Gil (2010), refiere que los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal, y estas se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Estos compuestos participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente, como la protección frente a herbívoros e infecciones microbianas, así como en el proceso de atracción de polinizadores. (Peñarrieta *et al.*, 2014, p.2), menciona también que los compuestos fenólicos son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático (Figura 9). Junto con las vitaminas, los compuestos fenólicos se consideran importantes antioxidantes en la dieta, estas encuentran presentes en frutas, hortalizas, raíces y cereales. Los compuestos fenólicos juegan una serie de funciones metabólicas en las plantas, en el crecimiento y reproducción, y en la protección contra patógenos externos y el estrés, como la radiación UV y los depredadores. Ellos son

responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos, como son la astringencia de frutas, hortalizas y tubérculos. (Ruiz, 2016, p.15) son metabolitos secundarios de las plantas y son cruciales para muchos de los aspectos importantes de la vida funcional de las plantas, en su mayoría contribuyen al sabor, color, astringencia y amargor de frutas, verduras y tubérculos, estas tienen la función de protección y estrategia de defensa ante su medio ambiente.



**Figura 6:** Estructura química del fenol. (Araujo, 2012, p.38).

Los compuestos fenólicos que encontramos en los distintos alimentos constituyen una fracción muy compleja formada por un número muy grande de compuestos, algunos todavía no identificados (Gimeno, 2004, p.4).

### **3.1.7.1. Clasificación de los compuestos fenólicos**

Díaz (2009), afirma que existen gran cantidad de compuestos identificados más de 8000 estructuras fenólicas que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Su clasificación es una tarea compleja, y una de las más utilizadas es la propuesta por (Waterhouse *et al.*, 2002) que agrupa a los fenoles en función de su estructura química básica, ver en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Clasificación de los compuestos fenólicos.

	Estructura	Clasificación	
Flavonoides	C6-C3-C6	Flavonoles	
		Flavonas	
		Flavan-3-oles	
		Proantocianidinas (taninos no hidrolizables)	
		Antocianidinas (Antocianos)	
		Flavonas Isoflavonas	
No Flavonoides	C6-C3	Ácidos hidroxicianámicos Ácidos hidroxibenzoicos	
	C6-C1		
	(C6-C1)	+ Azucar	Taninos hidrolizables
	(C6-C3)		
			Estilbenos
	C6-C2-C6		

**Fuente:** (Waterhouse *et al.*, 2002) .

Según Ugartondo (2009), se clasifican en cuatro familias en función del número de anillos fenólicos y de los elementos estructurales unidos a esos anillos: flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos.

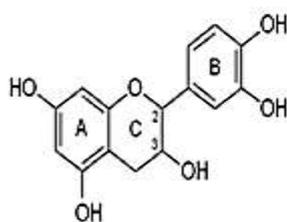
El tubérculo de oca ha demostrado poseer contenidos considerables de fenoles totales (ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas), unas biomoléculas antioxidantes y con efectos protectores ante el estrés oxidativo en los humanos (Baldeón, 2013, p.16).

### 3.1.7.2. Los polifenoles

Según Gil (2010), refiere los polifenóles son sustratos de las enzimas polifenol oxidasa, las cuales producen la hidroxilación de monofenoles a difenoles, que son el punto de partida de reacciones de pardeamiento de las frutas, generando coloración parda, cuando la fruta se corta o se descascara.

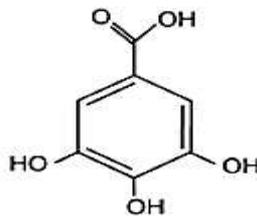
Se trata de un amplio grupo de compuestos, productos del metabolismo secundario de las plantas, que desempeñan diversas funciones, como proteger del ataque de los patógenos o herbívoros, ser pigmentos que ayudan a atraer a los polinizadores. Poseen estructuras con anillos aromáticos y dobles enlaces conjugados con uno o más azúcares unido a un grupo hidroxilo o directamente al anillo aromático, aunque también se pueden asociar a otros compuestos ver (Figura 10) (Pérez, 2017, p.27)

### Flavonoides



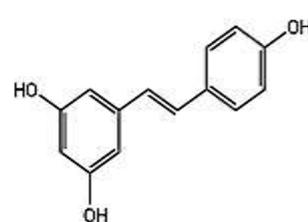
Catequina

### Ácidos Fenólicos



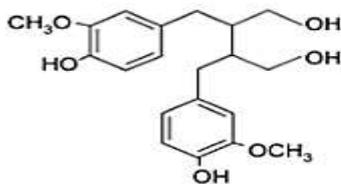
Ácido gálico

### Estibenos



Resveratrol

### Lignanós



Secoisolariciresinol

**Figura 7:** Estructura química de los polifenóles. Juli *et al.*, (2011, p. 35).

Gimeno (2004), afirma también “Que los polifenóles pueden clasificarse de muchas maneras debido a su diversidad estructural. De acuerdo su estructura química tenemos dos grandes grupos:” (p.3).

### **No flavonoides**

- Fenoles no carboxílicos: C<sub>6</sub>, C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>, C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>.

- Ácidos fenoles: derivados del ácido benzoico C6-C1
- Derivados del ácido cinámico C6-C3.

### Flavonoides (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)

- Antocianos
- Flaonas, flavonas, flavanoles y flavanonoles
- Taninos condensados y lignanos

La concentración y su biodisponibilidad de polifenoles de cualquier alimento también son muy variables, porque depende de muchos factores tales como la variedad o el grado de maduración del vegetal. Muchos de ellos son metabolizados por microorganismos del colon antes de ser absorbidos. Además, los procesos tecnológicos y los hábitos culinarios del consumidor pueden reducir en gran parte los fenoles del alimento (Gimeno, 2004, p.4), los fenoles están dispersos en todas las plantas, tubérculos tal como se muestra en la (Tabla 5).

**Tabla 5:** Contenido de fenoles en diferentes tubérculos.

Materia Vegetal	Unidades	Concentración de fenoles
Oca Púrpura	mg ácido gálico (GAE)/100 g de muestra	795 a 3995
Papa nativa de clon morado	mg GAE/100g de muestra	204 a 33.24
Mashua morada	mg de ácido gálico en 100 g de muestra fresca	14,9

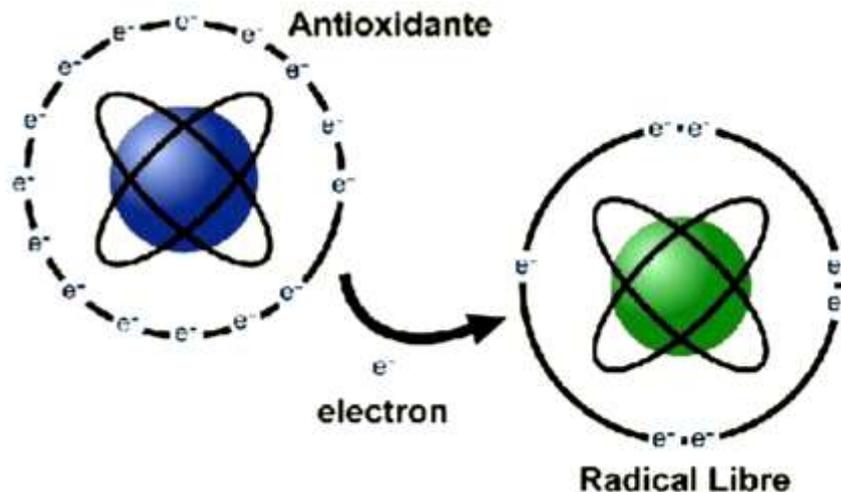
**Fuente:** (Baldeón, Aliaga, 2013 & Mixcan Martinez , 2015 & Araujo, Condori , 2012)

### **3.1.8. Antioxidantes**

Según Rojas (2012, p.13), menciona que son compuestos químicos que el cuerpo utiliza para eliminar radicales libres; estas sustancias son inhibidores de la oxidación celular, con moléculas que presentan estructura y mecanismo de acción muy variados para prevenir o retardar las reacciones de oxidación, son potentes captadores de radicales libres. Fennema (2000, p.336), menciona que los antioxidantes son sustancias que pueden retardar o reducir la velocidad de la oxidación de las sustancias auto oxidables; entre las principales están los liposolubles y hidrosolubles.

Los antioxidantes son moléculas que tienen la propiedad de evitar o prevenir la oxidación con otras moléculas, tanto que en estas reacciones de oxidación, a veces se producen radicales libres, especies muy oxidativas y que pueden dañar al organismo (Almajano, 2009).

Según Mixican (2015), menciona que un antioxidante es una molécula suficientemente estable como para donar un electrón a un radical libre y neutralizarlo, reduciendo así su capacidad para dañar. Estas moléculas pueden interactuar de forma segura con los radicales libres y poner fin a la reacción en cadena antes que las moléculas vitales estén dañadas. Ruiz, et al., (2008), agrega que son sustancias que aun que se encuentren en concentraciones bajas que el sustrato oxidable, disminuye significativamente la oxidación del sustrato ver (Figura 12); entre estas se encuentran los polifenoles, antocianinas y flavonoides, las cuales presentan propiedades benéficas para la salud humana.



**Figura 8:** Interacción de antioxidantes con radicales libres (Velázquez 2004).

Los antioxidantes se encuentran contenidos en los vegetales, tubérculos, cítricos, frutas, raíces, etc. Los niveles bajos en antioxidantes o la inhibición de las enzimas antioxidantes causan estrés oxidativo o pueden dañar o matar las células; el estrés oxidativo ha sido asociado a la patogénesis de muchas enfermedades humanas, es por ello que el uso de antioxidantes en farmacología es estudiado en forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas (Pacco, 2015, p.13).

La eficacia de un antioxidante está relacionada con numerosos factores, entre ellos la energía de activación, las constantes de velocidad, el potencial de oxidación reducción, la mayor o menor facilidad de destrucción o pérdida del antioxidante y las propiedades de solubilidad (Fennema, 2000, p.336).

### **3.1.8.1. Función fisiológica de los antioxidantes.**

Según (Zamora, 2007, p.9), para entender la función fisiológica de los antioxidantes en el organismo es necesario recordar que el oxígeno actúa como carburante en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; liberándose dióxido de carbono, agua, energía calórica y diversos catabolitos; sin embargo el incremento de los procesos metabólicos se acompaña de la producción de radicales libres.

Facilitar el uso fisiológico del oxígeno por parte de las mitocondrias ayudando a reducir los efectos del estrés oxidativo y la falta de oxígeno; formando complejos que mitigan las reacciones productoras de radicales libres y por consiguiente desempeñando una función fundamental en la prevención de las enfermedades derivadas del estrés oxidativo (Zamora, 2009, p.9).

### 3.1.8.2. Clasificación de antioxidantes

Pacco (2015, p.14), menciona que los antioxidantes se clasifican en dos amplios grupos, dependiendo si son solubles en agua (hidrofílicos) o en lípidos (hidrofóbicos). En general los antioxidantes solubles en agua reaccionan con los antioxidantes en el citoplasma celular y el plasma sanguíneo, mientras que los antioxidantes liposolubles protegen las membranas de la célula contra la peroxidación de lípidos.

Los antioxidantes se clasifican (Tabla 6), en endógenos fabricados por la propia célula, y exógenos, que ingresan en el organismo a través de la dieta o de suplementos con formulaciones de antioxidantes

**Tabla 6:** Clasificación de los antioxidantes.

EXÓGENOS	ENDÓGENOS	COFACTORES
Vitamina E	Glutatión	Cobre
Vitamina C	Coenzimas Q	Zinc
Betacaroteno	Ácido tióctico	Manganeso
	Enzimas:	
Flavonoides	Superóxidodismutasa (SOD)	Hierro
	Catalasa	
	Glutatión peroxidasa	
Lycopeno		Selenio

**Fuente:** Criado, (2009).

Badui (2013, p.264), menciona que los antioxidantes existen en dos grupos: los naturales y los sintéticos.

Los antioxidantes naturales están en muchos alimentos que contienen sustancias que previenen la oxidación (Tabla 7), pero estas se encuentran en concentraciones bajas su efectividad es muy reducida por lo cual se recurre a los sintéticos que actúan como donadores de protones a los radicales libres, reaccionan con ellos, los estabiliza y producen radicales de los antioxidantes menos reactivos.

**Tabla 7:** Principales Antioxidantes Naturales y Sintéticos.

<b>ANTIOXIDANTES</b>	
<b>Naturales</b>	<b>Sintéticos</b>
	Butilhidroxianisol
Carotenoides, Lecitina	(hidroxianisol butilado, BHA)
	butilhidroxitolueno
Entre los derivados de fenoles	(hidroxitolueno butilado, BHT)
Isoflavonas, Genisteína, Daidzeína, Gliciteína	Terbutilhidroquinona (butilhidroquinona terciaria, TBHQ)
Entre los Ácidos	galatos
Cafeico, Clorogénico, Ferúlico y Cumárico	

**Fuente:** Badui (2013, p.264).

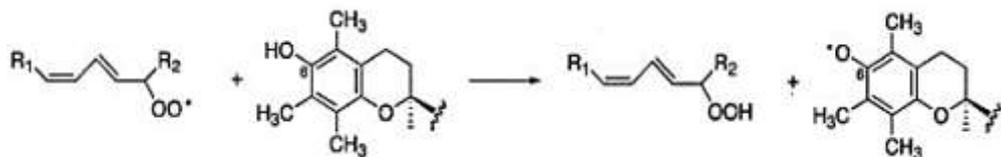
### 3.1.8.3. Antioxidantes naturales

Los principales antioxidantes naturales más usados son:

#### a. La vitamina E o $\alpha$ -tocoferol

Esta constituida por varios tipos de compuestos de naturaleza lipofílica, de los cuales el  $\alpha$ -tocoferol tiene la mayor actividad biológica (antioxidante y estabilidad de las membranas) (Figura 12). La vitamina E es absorbida en la porción media del intestino delgado en presencia de sales biliares y lipasa pancreática.

Tiene la capacidad de reaccionar con radicales peróxido. Mediante esta reacción se genera un nuevo radical, mucho mas estable que el que había inicialmente debido a la existencia de un anillo aromático, así como la influencia estéricas y electrónicas de los constituyentes metilo **(Pérez, 2017, p.25)**.



**Figura 9:** Reacción del  $\alpha$ -tocoferol con un radical peroxilo (Pérez, 2017, p.25).

### b. La vitamina C o ácido ascórbico

Es un antioxidante hidrosoluble con un alto poder reductor. Se debe a que al reaccionar con radicales libres, Fundamentalmente radicales peróxido, los neutraliza y se transforma en radical dehidroascorbato, mucho menos reactivo que los radicales libres Se considera esencial, ya que no puede ser sintetizada por los humanos, debido a que carecen de la enzima que cataliza la etapa final de oxidación, por lo tanto la vitamina se adquiere a través de la alimentación.

### c. Los betacarotenos o provitaminas A

son precursores de las vitamina A que actúan de forma independiente en diversas funciones celulares. Constituyen pigmentos de plantas de color amarillo, naranja y rojo y una vez ingeridos se transforman en el

hígado y en el intestino delgado en vitaminas A; esta previene la aparición de cataratas y el envejecimiento (Álvarez, 2013, p. 4)

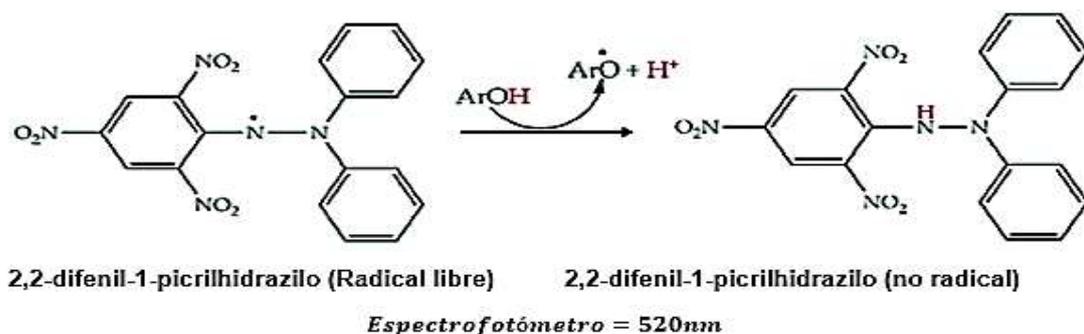
### 3.1.9. Capacidad antioxidante

Según Frankel (2000), afirma que la capacidad antioxidante depende de muchos factores, incluyendo las propiedades de los sustratos, las condiciones y etapas de oxidación y la localización de los antioxidantes en diferentes fases: hidrofílica o lipofílica. Magalhaes *et al.*, (2008) también menciona que la capacidad antioxidante medida en una muestra también depende de la tecnología empleada, de los radicales libres u agente oxidante que se utiliza en la medición y de las condiciones de ensayo.

Se sabe que los carotenoides fijan el oxígeno singulete y por lo tanto protegen de la lesión oxidativa celular. Se ha propuesto que las funciones antioxidantes de los carotenoides son iguales y juegan un papel para eliminar el cáncer, las cataratas, la aterosclerosis y el proceso de envejecimiento (Fennema *et al.*, 2000, p.900)

### 3.1.10. Actividad antioxidante por DPPH

El DPPH es un radical libre susceptible a reacciones con compuestos antioxidantes por sección de un átomo de hidrógeno, proporcionado por el antioxidante, este comienza con un color morado cuando es un radical libre y va cambiar a color amarillo y claro al momento de reducirse



**Figura 10:** Actividad antioxidante del DPPH

Los antioxidantes se encuentran en diferentes concentraciones en los tubérculos andinos y estos varían en contenido de acuerdo al ecotipo y el lugar de siembra (Tabla 8).

**Tabla 8:** Contenido de capacidad antioxidante en Tubérculos.

<b>Materia Vegetal</b>	<b>Unidades</b>	<b>Capacidad antioxidante</b>
Oca púrpura	$\mu\text{mol TE/g}$ muestra fresca	30.01 a 556,21
Papa nativa clon morado	$\text{MmolTE}/100\text{g}$ de muestra	133.60 a 336.05
Mashua morada	$\mu\text{mol TE}\cdot\text{g ms}^{-1}$ 100 g de muestra fresca	215.3

**Fuente:** (Baldeón, Aliaga, 2013 & Mixcan Martinez , 2015 & Araujo, Condori , 2012)

### 3.1.11. Radicales libres

Según Venero (2002 p.127), los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración especial que genera gran inestabilidad; los radicales se generan a nivel intracelular y extracelular. Huacho (2014), Afirma “Que son moléculas altamente inestables con electrones disponibles, generados durante los procesos metabólicos del organismo” (p.14).

En determinadas circunstancias, la producción de radicales libres puede aumentar en forma descontrolada, situación conocida con el nombre de estrés oxidativo, que se explica como la existencia de un desequilibrio entre las velocidades de producción y de destrucción de las moléculas tóxicas que da lugar a un aumento en la concentración celular de los radicales libres (Zamora, 2007 p.8).

Los radicales libres son producidos fundamentalmente por células fagocíticas activadas como los monocitos, macrófagos y neutrófilos; incluyendo diversos compuestos oxidados como el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el anión superóxido ( $O_2^-$ ) y el óxido nítrico (NO). Otras fuentes muy importantes en la producción de radicales libres son: la exposición a ciertos compuestos químicos, el estrés oxidativo típico del ejercicio físico intenso, contaminantes del aire, radiaciones ionizantes y no ionizantes, drogas, bacterias, virus (Zamora, 2007 p.7).

Los radicales libres del oxígeno se clasifican en 3 grupos:

**a) Radicales libres inorgánicos o primarios.**

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

**b) Radicales libres orgánicos o secundarios.**

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

**c) Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno.**

En este grupo de especies químicas que, sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de ellas, entre las que están el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso, el peroxinitrito, el hidroperóxido orgánico.

Aunque los radicales libres son de vida muy corta (del orden de una milésima

de segundo), son tremendamente reactivos; por ejemplo, un radical libre puede dañar un millón de moléculas mediante este proceso de auto perpetuación (Zamora, 2007 p.7).

Los radicales libres se generan a nivel intracelular y extracelular o incluso pueden encontrarse diseminados por todo el organismo, manteniendo actividad biológica al oxidarse, dañando principalmente el tejido conjuntivo, proteínas, enzimas, lípidos, membranas celulares, fibras de colágeno, ADN y ARN, entre otros; y su acción también la pueden ejercer sobre los leucocitos favoreciendo su activación anómala, por lo cual están implicados en la producción de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. Entre las células relacionadas con la producción de radicales libres del oxígeno tenemos los neutrófilos, monocitos, macrófagos y las células endoteliales (Venero, 2002 p.128) y (Zamora, 2007 p.7).

### **3.1.12. Métodos de determinación de capacidad antioxidantes.**

Según (Huang *et al.*, 2005), los métodos para medir la capacidad antioxidante se clasifican básicamente en dos grupos dependiendo del mecanismo de reacción así se tiene a los métodos basados en la transferencia de un átomo de hidrógeno y métodos basados en la transferencia de electrones. La mayoría de los ensayos basados en la transferencia de un átomo de hidrógeno aplica un esquema competitivo en el cual el antioxidante y el sustrato compiten por estabilizar a los radicales generados (radical piróxilo) a través de la donación de un átomo de hidrógeno. Los ensayos basados en la transferencia de electrones miden la capacidad de un antioxidante en la reducción de un oxidante, que cambia de color cuando se reduce (Huang *et al.*, 2005) así, el grado de cambio de color se correlaciona con las concentraciones de antioxidantes de la muestra.

Existen distintos tipos y métodos de determinación de antioxidantes, pero

difieren en el agente oxidante, en el sustrato empleado, en el tiempo y la evaluación, la técnica instrumental utilizada, la sensibilidad y en las interacciones de la muestra con el medio de reacción. La mayoría de los métodos para medir la capacidad antioxidante están diseñados para evaluar muestras hidrosolubles; sin embargo, es posible emplearlos con detergentes, solventes e incluso con fracciones particuladas, una vez que se hacen las matrices, los controles y los blancos correspondientes y asegurarse que no hay precipitación de la muestra en los tiempos de evaluación (Centeno, 2012 p.13).

En la determinación de la oxidación de los ácidos presentes en los alimentos se usa uno de los métodos más antiguos basado en esta reacción de la oxidación, hace uso del reactivo de Fehling; es una solución alcalina de cobre (II), que oxida una aldosa a un aldonato, y en el proceso es reducido a cobre (I), el cual precipita como  $Cu_2O$ , de color rojo ladrillo. Algunas variantes de este método, que usan los reactivos de Nelson-Somogyi y Benedict, se utilizan todavía para determinar los azúcares reductores en alimentos u otros materiales biológicos (Fennema, 2000, p.198).

Según (Huacho, 2014, p.16), se han evaluado la capacidad de diferentes antioxidantes en numerosos estudios por diferentes métodos y en diferentes condiciones, pero muy a menudo hay una falta de correlación entre los resultados encontrados para las capacidad antioxidante determinadas en el mismo material por diferentes ensayos y entre las capacidades determinadas por el mismo ensayo en laboratorios diferentes. Esto es comprensible, dada la presencia de varias especies activas, las características de la reacción y los mecanismos que están implicados en el proceso oxidativo, haciendo que no exista un método simple universal por el cual se puede evaluar con precisión la capacidad antioxidante y cuantificarla.

### **3.1.13. Soleado**

El soleado es un método muy antiguo que se lleva acabo poniendo los productos al aire libre para que les llegue el sol directamente y se sequen

naturalmente, es una manera de conservación de alimentos que consiste en retirar el agua contenida lentamente de sus tejidos y células, se dice también que es un método para evitar la putrefacción del producto.

Según (Almada *et al.*, 2005, p.8), tradicionalmente se secan algunos alimentos, tales como: carnes, granos de maíz, tubérculos, almidón de mandioca, plantas medicinales, etc., sin ningún equipamiento especial. Se colocan sobre una manta, lona o tablas de madera o se cuelgan por un hilo al aire libre, en el sol o en la sombra, según el producto aprovechando el calor ambiental.

Este proceso es lento debido a la elevada humedad en el ambiente y a veces los alimentos se secan mal o se pudren por que los productos están expuestos al polvo, insectos y animales que pueden deteriorar y causar enfermedades al consumidor. Por ende este tipo de secado al sol, se necesita una atención particular para proteger los alimentos de la intemperie (Almada *et al.*, 2005, p.9).

#### **3.1.13.1. Tiempo de soleado de tubérculos**

Soleado para el tubérculo de la oca es de 4 horas por 12 días donde alcanza un alto contenido de azúcares y un menor incremento en el contenido de materia seca (Monar, 2014, p.28).

La mashua debido a que tiene un sabor amargo, se realiza un endulzado o secado, el proceso consiste en solear la mashua de 4 a 5 días (Paucar, 2014 p.28)

#### **3.1.13.2. Efecto del soleado en los productos**

La exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudiciales en cuanto a su calidad, pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo debido a la acción de los rayos ultravioletas (Almada *et al.*, 2005, p.9).

En cuanto a esto (Taípe, 2017, p.18), menciona que el soleado del tubérculo

provoca cambios en la composición de nutrientes lo que induce la transformación de parte de los almidones en azúcares.

#### **3.1.14. Cocción**

Según More (2014, p.10), la cocción es un proceso en el cual un alimento sufre un cambio o transformación en sus estructuras (químicas, físicas y biológicas) con la ayuda de la acción térmica. Esta acción tiene la finalidad de facilitar su masticado, digestibilidad, realzar su sabor y eliminar riesgos sanitarios.

La cocción es una operación que logra cambiar física y químicamente el aspecto, textura, composición y valor nutritivo de un alimento por medio de la acción del calor, con el propósito de obtener algo más digerible, gustoso e inocuo (González, 2018, p. 32)

Existen muchos métodos de cocción cuyo empleo depende mucho del alimento que se desea coccionar, algunos por su naturaleza requieren mayores temperaturas y otras solo para una mínima transferencia de calor.

##### **3.1.14.1. Cocción por inmersión**

Es un proceso de cocción húmeda, en el que la temperatura máxima del agua es de 100 °C a 1 atmósfera o la correspondiente en otras condiciones de presión durante un periodo determinado de tiempo (Taípe, 2017, p.19)

En el proceso de cocción por inmersión se favorece la hidratación y gelificación del almidón, la desnaturalización de enzimas de pardeamiento, pero hay solubilización parcial de los minerales y deterioro de algunas vitaminas, dependiendo principalmente del tamaño del alimento y del tiempo de cocción. En este caso el alimento se encuentra inmerso en el agua durante la preparación y se facilita la migración de nutrientes solubles hacia el agua de cocción que normalmente se elimina (Mocada, 2006, p.180).

##### **3.1.14.2. Efecto de la cocción sobre los compuestos fenólicos**

Menciona Cerrón (2012), que el contenido de fenoles totales disminuye significativamente durante el tratamiento térmico. Sin embargo, también se puede dar el aumento en el contenido de estos compuestos durante el proceso térmico, y se explica, por la formación de productos de la reacción de Maillard (Kuskoski *et al.*, 2005, p.728).

El aumento de compuestos fenólicos debido a tratamientos térmicos podrían deberse a la liberación de ácidos fenólicos a los constituyentes celulares, seguido de alguna polimerización y oxidación de estos contribuyentes fenólicos (Cerrón, 2012). Asimismo, este autor nos indica que la cocción causa la solubilización de compuestos fenólicos, lo cual conduce a la pérdida de estos compuestos por lixiviación.

#### **3.1.14.3. Efecto de la cocción sobre la capacidad antioxidantes**

Según (Lewis *et al.*, 1999, p.128), la mayor parte de los alimentos son malos conductores del calor. Los procesos de calentamiento pueden acortarse mediante operaciones de reducción de tamaño. La conductividad térmica de un alimento está fuertemente influenciada por la composición, al igual que por el calor específico.

Los antioxidantes presentes en los alimentos cambian o se pierden durante el procesamiento y las temperaturas a las que estos productos están expuestos, de forma similar a como lo hacen el resto de componentes del alimento como el agua, las proteínas, los carbohidratos, las vitaminas, los minerales y los otros componentes, así como la estructura física de los alimentos. Las pérdidas más importantes en la capacidad antioxidante se producen como consecuencia de la suma de todos estos factores que puede provocar grandes cambios químicos en los antioxidantes presentes en los alimentos (Kuskoski *et al.*, 2005, p.728)

(Nicoli *et al.*, 1997), menciona que los posibles efectos en el potencial antioxidante se lleva acabo simultáneamente en el procesamiento de alimentos son los siguientes:

- ✓ La pérdida de antioxidantes naturales.
- ✓ Mejora de las propiedades antioxidantes de los compuestos naturales.
- ✓ Formación de nuevos compuestos con actividad antioxidante (es decir, productos de la reacción de Maillard)
- ✓ Formación de nuevos compuestos con actividad prooxidante (es decir, productos de la reacción de Maillard)
- ✓ La interacción entre los diversos compuestos (ejemplo, los lípidos y antioxidantes naturales y los lípidos)

Durante la cocción por ebullición, el agua es el medio de transferencia del calor. Para conseguir la desactivación de las enzimas, especialmente las oxireductasas, es útil añadir a los alimentos el agua caliente durante tiempos cortos. Durante la cocción, la capacidad antioxidante de las proteínas disminuye, dado a que son desnaturalizadas; La cocción puede tener un efecto positivo en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante, debido a que presenta una herramienta útil en la prevención de la oxidación enzimática, al desactivar las enzimas que podrían catalizar y cuyos productos primarios pueden destruir parcialmente los antioxidantes naturales. En efecto las frutas y vegetales sometidos a cocción retienen mejor sus propiedades antioxidantes originales. (Kuskoski *et al.*, 2005, p.728).

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Lugar de ejecución

Las pruebas de soleado, cocción y los análisis experimentales de color, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en las tres condiciones, se llevaron a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional José María Arguedas; en el Laboratorio de Química y Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, ubicado en el barrio de Santa Rosa, Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, región Apurímac.

### 4.2. Materiales, instrumentos y equipos

Los materiales e instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de la presente investigación se mencionan en las siguientes Tablas 9, 10 y 11.

**Tabla 9:** Lista de reactivos e insumos usados en la investigación.

<b>N°</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos e insumos</b>
1	2000 ml	Agua destilada
2	50 ml	Folin cicalteu
3	500 ml	Metanol al 80 %
4	20 g	Carbonato de sodio
5	25 mg	Ácido gálico

**Tabla 10:** Lista de material vegetal que se utilizó en la investigación.

<b>N°</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material vegetal</b>
1	1 kilo	Oca (Uma huaculla)
2	1 kilo	Oca (Yana oqa)

**Tabla 11:** Lista de equipos e instrumentos de investigación.

	<b>Equipos</b>	<b>Marca</b>
01	Estufa eléctrica	Binder
01	Balanza Analítica	Akern
01	Espectrofotómetro	Uv/Vis S Spectrometer T80+
01	Agitador magnético	Cat M6
01	Balanza electrónica digital	E- Acura
01	Centrifuga	Ultra-8v
01	Termómetro digital de 50°C hasta + 300C	Boeco. Germany
01	Cocinilla eléctrica	
01	Equipo de agua ultra pura	Sartorius

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Se consideró como población 10 kilogramos de cada ecotipo de oca (*Yana oqa* y *Uma huaculla*) las cuales fueron recolectadas de la comunidad de Chullcuisa que se encuentra a 3900 msnm en el distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, región de Apurímac.

#### **4.3.2. Muestra**

Se consideró como muestra a 1 kg de oca de cada ecotipo *Yana oqa*, y *Uma huaculla*.

#### **4.3.3. Muestreo**

El tipo de muestreo fue no probabilístico a criterio del investigador.

#### **4.3.4. Unidad de análisis**

Para la unidad de análisis se refiere a los dos ecotipos de oca sometidas en fresco, soleado y cocción.

#### **4.4. Tipo de investigación**

- ✓ **Aplicada.** - La investigación se considera aplicada por que se tomó conceptos y teorías referidas al color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, los cuales son desarrollados dentro de la ingeniería agroindustrial.
  
- ✓ **Experimental.** - por que se manipulan deliberadamente las variables (los ecotipos y los tratamientos).

#### 4.5. Operacionalización de variables

En la Tabla 12 se muestra la operacionalización de las variables de estudio de esta investigación

**Tabla 12:** Operacionalización de variables de estudio.

Variables		Indicador
<b>Independiente ó de entrada</b>		
Tratamientos	Fresco, soleado y cocción	Tiempo, temperatura
Ecotipos	<i>Yana oqa</i> y <i>Uma huaculla</i>	2 ecotipos
<b>Dependientes: (variable de interés o de respuesta)</b>		
color	Evaluación del color en condiciones de fresco soleado y cocción	L* Luminosidad, a*, b*
compuestos fenólicos	Cuantificación de compuestos fenólicos en condiciones de fresco, soleado y cocción	Miligramos de ácido gálico (AGE) por cada 100g de tubérculo bh
Capacidad Antioxidante	Cuantificación de la capacidad antioxidante en las condiciones de fresco soleado y cocción	mg Eq* Trolox/g tubérculo bh

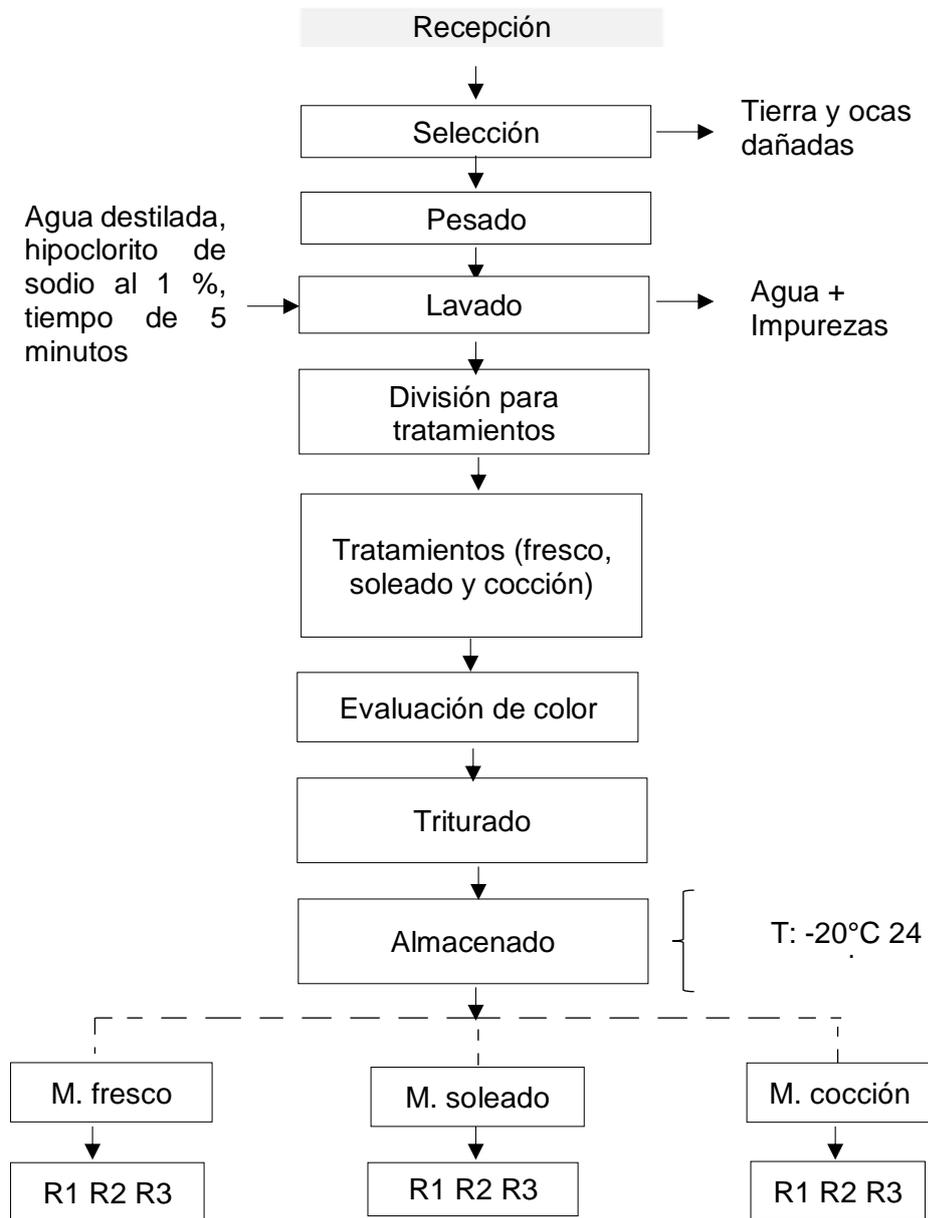
#### 4.6. Métodos de análisis.

##### 4.6.1. Acondicionamiento de las muestras

Se desarrolló de acuerdo a Taípe y Cueva, (2017) tomando en cuenta su tamaño, coloración intensa de los ecotipos y tiempo de cosecha. (Figura 14).

#### 4.6.2. Diagrama experimental

El diagrama experimental se muestra en la (Figura 14)



**Figura 11:** Diagrama experimental procedimiento, operación a seguir en los 3 ratamientos

**Selección:** las ocas fueron seleccionadas de acuerdo al ecotipo, tamaño y color característico, que no tengan abolladuras ni estén dañadas física ni biológicamente.

**Pesado:** se pesó 1 kilo de cada ecotipo de oca.

**Lavado y desinfección:** En el lavado se procedió a la limpieza de la tierra con abundante agua por inmersión y frotado con una esponja suave, posteriormente se realiza la desinfección con hipoclorito de sodio a 1 ppm, para reducir la carga microbiana, luego se dejó secar a temperatura ambiente (Taipe, 2017).

**Tratamientos:** Los tratamientos de las muestras fueron en fresco, soleado y cocción para cada ecotipo tal como se describe a continuación.

**a. Fresco:** Para la evaluación de las propiedades funcionales de los dos ecotipos de oca se trajeron el mismo día de la cosecha, se guardaron en refrigeración para conservar sus propiedades y ser evaluados juntamente con los demás tratamientos. Ya que los tubérculos de oca presentan alta estabilidad de sus propiedades en la refrigeración (Olivera, 2014)

**b. Soleado:** Se utilizó el método de soleado artesanal según (Almada *et al.*, 2005) y (Monar, 2014), donde las ocas de los dos ecotipos fueron sometidos a un proceso de soleado artesanal por un periodo de 7 días por 8 horas diarias desde las 8 am hasta 4 pm, en el proceso cada tubérculo fue volteado al medio día con propósito de que el soleado sea parejo en todo el tubérculo de la oca.

**c. Cocción:** Después del soleado se utilizó el método de cocción por inmersión según (Mocada, 2006), los tubérculos se sometieron a un proceso de cocción por ebullición bajo una proporción de 2 a 1 (agua a tubérculo) por un tiempo de 15 minutos (Barrera *et al.*, 2004). El conteo del tiempo fue desde que el agua alcanzó el punto de ebullición. Seguidamente las muestras cocidas se dejaron orear.

**Preparación de muestra:** Las muestras de oca de los dos ecotipos en diferentes condiciones de fresco soleado y cocción, fueron triturados en un matraz y seguidamente licuados, luego se colocaron en un envase cada uno, protegidos de la luz con papel aluminio, en seguida se congelaron a (-20 °C) por un tiempo de 24 horas.

#### **4.7. Metodología experimental**

##### **4.7.1. Evaluación del color de la superficie de los dos ecotipos de oca.**

Se realizó según el método colorimétrico Kónica Minolta CR400 fabricado en el distrito federal de México, mencionado por Machado *et al*, ( 2005), donde se midió la superficie de las muestras del tubérculo en cada una de las condiciones de fresco, soleado y cocción. El equipo colorimétrico Kónica Minolta fue calibrado antes de realizar las mediciones usando una placa de cerámica blanca. Se realizaron 3 repeticiones en cada condición de oca por variedad, los resultados se expresaron en la escala CIE L\* a\* b; con estos datos determinamos el color respectivo de cada muestra.

##### **4.7.2. Método de cuantificación de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.**

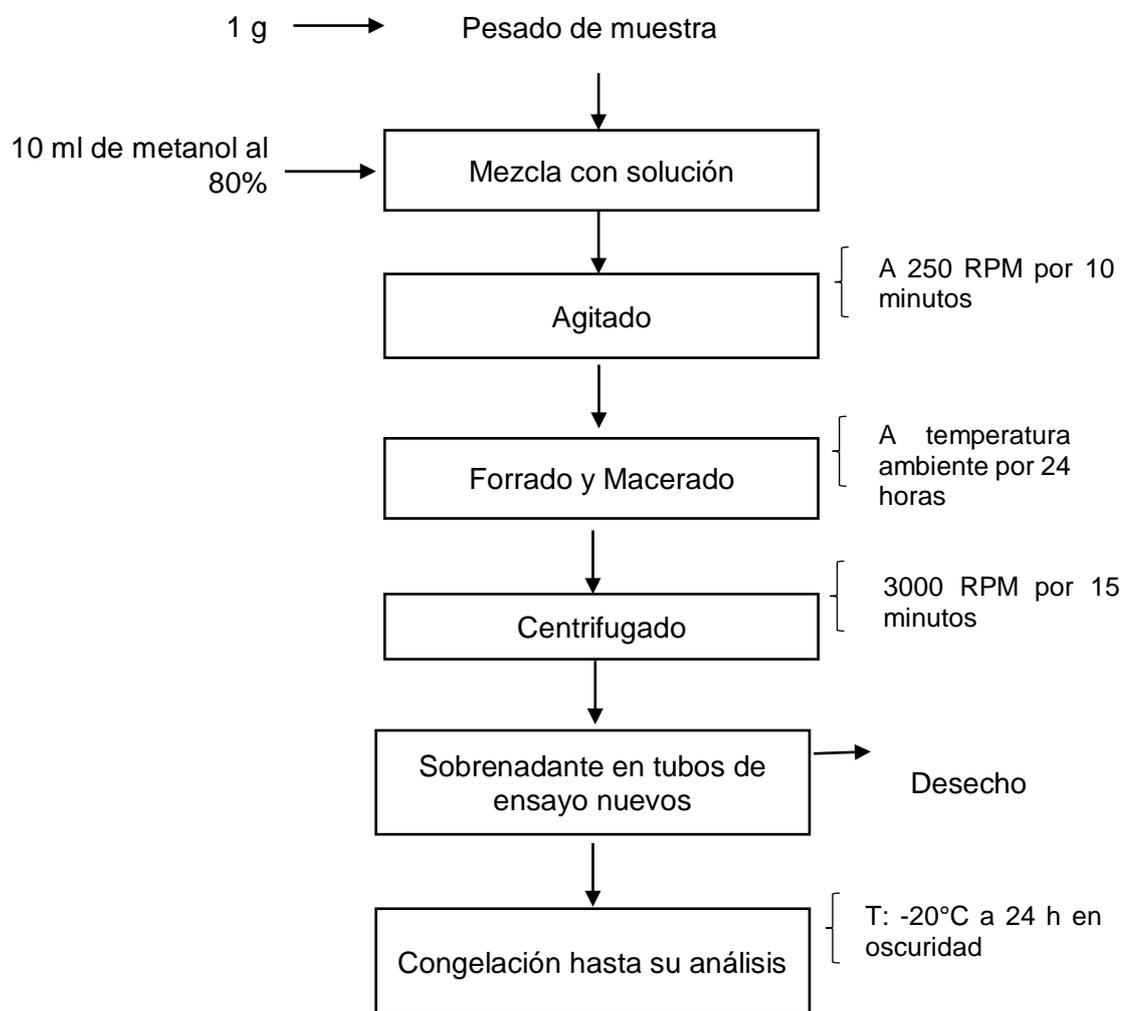
Para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de los dos ecotipos de la oca en las condiciones de fresco, soleado y cocción se realizó primero con la obtención de un extracto hidroalcohólico.

###### **A. Preparación del extracto hidroalcohólico**

Partiendo de las muestras, se pesó 1 g de cada muestra (fresco, soleado y cocción) de los 2 ecotipos en vasos precipitados de 25 ml previamente forrados con papel aluminio, posteriormente se vierte 10 ml de metanol acuoso al 80% a cada vaso precipitado; estos fueron homogenizados con un agitador termomagnético a 250 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente.

Seguidamente se realizó un forrado con papel aluminio y se dejó macerar por 24 horas en refrigeración; pasado el tiempo las muestras se ponen en tubos de ensayo con tapas previamente forradas con papel aluminio y se realiza la centrifugación a 3000 rpm por un tiempo de 15 minutos (Pérez Zambrano, 2014), una vez centrifugado se obtiene el sobrenadante que se extrae con una micro pipeta a tubos de ensayos nuevos forrados con papel aluminio y posteriormente se mantuvieron almacenados en congelación hasta su posterior análisis ver la (Figura 15).

**Diagrama de flujo.** - Procedimiento de preparación del extracto hidroalcohólico



**Figura 12:** Diagrama de flujo para preparación del extracto hidroalcohólico

## **Procedimiento para la cuantificación de compuestos fenólicos**

Los fenoles totales se cuantificaron por el método espectrofotométrico con el reactivo folin Ciocalteau (Singleton *et al.*, 1999). Este método se basa en la propiedad de los compuestos fenólicos de reaccionar frente a agentes oxidantes. El reactivo folin Ciocalteau contiene molibdato y tungstato sódico que este al reaccionar con los compuestos fenólicos presentes, forman complejos fosfomolibdicos y fosfotúngsticos. En medio básico la transferencia de electrones reduce estos complejos a óxidos de tungsteno ( $W_8 O_{23}$ ) y molibdeno ( $Mo_8 O_{23}$ ), cromógenos de color azul intenso que son proporcionales a la cantidad de grupos fenólicos presentes en la molécula de interés.

Para la lectura de la absorbancia de las muestras se realizó a 765 nm en un espectrofotómetro UV- Visible marca PG Instrument modelo T80, fabricado en Henan, China. La curva de calibración se realizó con ácido gálico (patrón)

### **Preparación de la dilución de carbonato de sodio 10 %**

Se preparó una dilución de Carbonato de sodio  $Na_2CO_3$  (10 % p/v) pesando 2.5 g de carbonato de sodio, en una fiola de 25 ml, se enrasó con agua ultra pura, se llevó a agitación hasta su completa disolución (Espinosa *et al.*, 2016).

### **Preparación de la dilución 1N del reactivo folin Ciocalteau**

Se realizó la dilución del reactivo Folin Ciocalteu que se encuentra a (2N) a (1N), por medio de una solución de 1:2 en agua ultra pura; el reactivo estuvo protegido de la luz en un frasco ámbar y en refrigeración hasta su uso.

### **Preparación de la solución madre de ácido gálico 0,1 g/L**

Se utilizó una solución patrón de ácido gálico ( $C_7H_6O_5$ ) de 0.1 g/L.

Se pesó 25 mg de ácido gálico, en una fiola de 25 ml y se aforó con agua ultra pura, a partir de esta solución se preparó una dilución 1:10 con agua ultra pura para realizar la curva de calibración.

### **Preparación de la curva estándar de calibración**

A partir de la solución patrón de ácido gálico de 0.1 g/L. se procedió a realizar una serie de diluciones con agua ultra pura para obtener concentraciones de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 mg/L.

Para lo cual se colocó en distintos tubos de ensayo protegidos de la luz la solución patrón antes descrita, tal como se muestra en la Tabla 13. Se uso como blanco el metanol acuoso. (Lezama, 2017 & Cruzado, *et al.*, 2013).

**Tabla 13:** Preparación para la curva estándar a diferentes concentraciones

<b>Concentración</b>	<b>Ácido gálico 0,1 g/L</b>	<b>Folin Ciocalteu 1N (ml)</b>	<b>Solución <math>N_aCO_3</math> a 10% (ml)</b>	<b>Agua destilada (ml)</b>
0mg/L	-----	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	6000 $\mu L$
1 mg/L	80 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5920 $\mu L$
2 mg/L	160 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5840 $\mu L$
3 mg/L	240 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5760 $\mu L$
4 mg/L	320 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5680 $\mu L$
5 mg/L	400 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5600 $\mu L$
6mg/L	480 $\mu L$	1000 $\mu L$	1000 $\mu L$	5520 $\mu L$

A cada tubo se adicionó concentraciones correspondientes, luego se agitó y posteriormente se deja en reposo por 30 minutos a temperatura ambiente. Se procede a la lectura de la absorbancia a una longitud de onda a 765 nm, con la ayuda del espectrofotómetro UV- Visible. El procedimiento se realizó por triplicado.

La (Ecuación 3) de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales:

$$Y = a \text{ Abs} + b \dots \dots \dots \text{Ec. (03)}$$

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

Abs = Absorbancia a 765 nm.

a, b → Procedentes de la ecuación normalizada

### **Cuantificación de compuestos fenólicos en los dos ecotipos de oca**

Se mezcló 480  $\mu\text{L}$  de cada extracto de las muestras en diferentes condiciones de fresco, soleado y cocción de los 2 ecotipos, se añadió 1000  $\mu\text{L}$  del reactivo folin Ciocalteu a cada tubo seguidamente se agitó por un lapso de 3 minutos. Luego se agregó 1000  $\mu\text{L}$  de la solución de carbonato de sodio a cada tubo de ensayo y 5520  $\mu\text{L}$  de agua ultra pura, se siguió agitándose, posteriormente se incubó a la temperatura de 25°C por 30 minutos.

Los resultados de los compuestos fenólicos de cada una de las condiciones de fresco, soleado y cocción en los dos ecotipos de oca se calcularon con la (Ecuación 4).

$$C.F.T = \frac{Y * D * V * 100}{P} \dots\dots\dots EC. (04)$$

Donde:

$C.F.T =$  Concentración de compuestos fenólicos en miligramos de ácido gálico equivalente (AGE) por cada 100 g de muestra de oca en las diferentes condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos.

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

D = Dilución

V= Volumen de muestra en mililitros

P= Peso de la muestra en gramos

### **4.7.3. Procedimiento para la cuantificación de capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante fue cuantificada por el método (DPPH) adaptado por (Brand Williams *et al.*,1995). Los resultados obtenidos en las diferentes condiciones de fresco, soleado y cocción de los dos ecotipos de oca se expresaron en  $\mu g$  Equivalente a Trolox/g de muestra, tomando como base la curva estándar.

#### **Preparación del extracto de muestra**

Se pesó 1 gramo de cada muestra de oca de los dos ecotipos, se mezcló con 10 ml de metanol al 80% (p/v). El extracto se puso en reposo en oscuro por 24 horas previa agitación de 250 RPM por 10 minutos. Luego se centrifugó a 3000 rpm por 15 minutos, el extracto se recogió para su análisis.

#### **Preparación de la solución del radical DPPH**

Se pesó 10 mg de DPPH y se disolvió en 25 ml de metanol al 80%. Luego se llevó a ultrasonido en un fiola cubierto con papel aluminio, La disolución preparada es estable durante 12 horas a temperatura ambiente.

Se midió la absorbancia de la solución diluida de DPPH a 520 nm, que dio una lectura de  $1.8 \pm 0.02$  unidades de absorbancia. El equipo se fijó con metanol. (Lezama,2017).

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

Se prepara la disolución madre de trolox disolviendo 0.025 mg del reactivo Trolox en 25 ml de metanol al 80%. Con una concentración de 4mM.

#### **Preparación de la curva de calibración**

Se utilizó la solución madre de trolox, para luego realizar diferentes diluciones con diferentes concentraciones entre  $0.02 - 0.40 \mu moles trolox/ml$ . Cada punto de la recta se preparó de igual que las muestras, es decir poniendo 400  $\mu l$  de las diferentes concentraciones de trolox. se añade 3ml de la disolución de DPPH\*. Se agita durante 30 segundos y se deja en oscuridad a temperatura ambiente.

## Cuantificación de la capacidad antioxidante en las muestras

Se trabajó directamente con los extractos metanólicos de los dos ecotipos de ocas ya preparados en diferentes condiciones de fresco, soleado y cocción.

Se tomó 3 ml del radical DPPH\* y se añade a 400  $\mu$ l del extracto metanólico de las muestras. Se agitó por 30 segundos y se dejó en reposo forrado con papel aluminio. Trascorrido 60 minutos se mide la absorbancia por triplicado con el espectrofotómetro a 520 nm. Para el blanco se utilizó metanol.

## Cálculo de la actividad antioxidante

Se realiza el cálculo usando la curva de calibración estándar de Trolox, se restó la absorbancia del blanco y la absorbancia de la muestra, por un factor de dilución mostrando los resultados como ( $\mu$ g de Trolox Eq\* /g muestra de fruto bh), se realizó el cálculo con (Ecuación 5).

$$\frac{\mu\text{g Trolox Eq}^*}{\text{g muestra bh.}} = \left( (bX) * (0.25) * \left(\frac{v}{p}\right) * (FD) \right) \dots \dots \dots \text{Ec. (05)}$$

Donde:

bX = Proviene de ecuación de la curva de Trolox. Siendo X: la variación de las absorbancias (abs blanco – Abs muestra).

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

v = Volumen de la muestra en mililitros

p = Peso de la muestra en gramos

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

### 4.7.4. Determinación de Humedad

Se realizó según el método gravimétrico según la asociación de químicos analíticos oficiales (AOAC,2003), Método 23.003. Este consiste en la

pérdida de peso de la muestra utilizando la estufa a una temperatura de 120 °C por 3 horas hasta la obtención de un peso constante, luego se deja enfriar en la campana decantadora por un espacio de 2 horas, los resultados fueron hallados con la (Ecuación 6).

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(pmh - pms)}{pmh} * 100 \dots \dots \dots (06)$$

Donde:

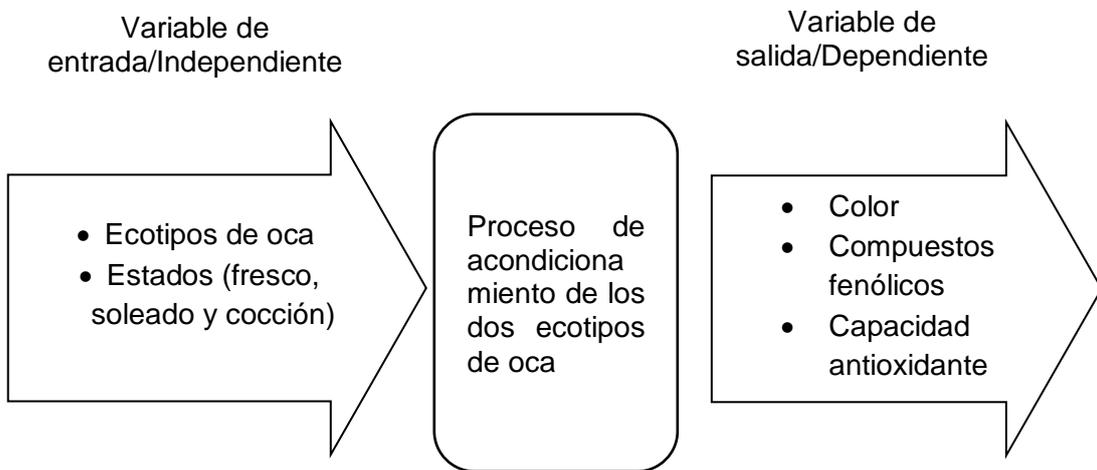
*pms* = peso de la muestra seca

*pmh* = peso de la muestra húmeda

#### 4.8. Diseño experimental y análisis estadístico

##### 4.8.1. Diseño Experimental de variable de entrada y salida

Variables de entrada y salida, se describen en la (Figura 16).



**Figura 13:** Diseño experimental

Se aplicó el diseño de Bloques completamente al Azar, debido a que tenemos tres fuentes de variabilidad, factor tratamientos (Condiciones), factor bloque (Ecotipos) y el error aleatorio, es decir que tenemos tres posibles culpables de la variabilidad de los datos, el arreglo se ve en la (Tabla 14).

**Tabla 14:** Arreglo experimental del tipo DBCA.

Ecotipos (factor)	Condiciones	Color	Compuestos fenólicos	Capacidad antioxidante
Yana oqa	Fresco	-	-	-
	Soleado	-	-	-
	Cocción	-	-	-
Uma huaculla	Fresco	-	-	-
	Soleado	-	-	-
	Cocción	-	-	-

\* La prueba se realizó por triplicado

#### 4.8.2. Análisis estadístico

En esta investigación se empleó las siguientes pruebas estadísticas:

Prueba ANOVA, Tes de Tukey y correlación de Pearson, con el objetivo de comparar los datos de color, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en dos ecotipos de oca en condiciones de fresco soleado y cocción.

##### a. Análisis de varianza ANOVA con dos factores.

Se aplicó el ANOVA bifactorial porque se manipulan dos factores: los tratamientos (fresco, soleado, cocción), el factor de bloqueo ( ecotipos de oca) y el error aleatorio. Cada una de las muestras con tres repeticiones, para evaluar el color, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de las muestras de ocas. Esta realiza la medición de las medias y la desviación estándar

Para evaluar las variables de entrada se aplicó un ANOVA, cuya Hipótesis a probar es:

Hipótesis nula  $H_0$  No hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias y la desviación estándar de los tratamientos (fresco, soleado y cocción ) y los ecotipos con respecto al

color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante  $H_0 p > 0.5$

Hipótesis Alternativa: Sí hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias y la desviación estándar de los tratamientos (fresco, soleado y cocción) y los ecotipos con respecto al color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante  $H_a p < 0.05$ .

Al rechazo de la hipótesis nula del ANOVA, se aplicó el test de comparación múltiple Tukey a fin de comparar cual es el mejor tratamiento y en que ecotipo.

### **b. Prueba Test de Tukey.**

Esta prueba agrupa las medias en diferentes familias y las compara entre sí, con el fin de identificar si una de estas muestras difieren mucho de las otras y así identificar el mejor tratamiento para el contenido de color, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en los dos ecotipos de oca. Se utilizó esta prueba porque medimos muestras instrumentalmente no sensibles y se determinó con la siguiente (Ecuación 7).

$$T_\alpha = \frac{q_\alpha(k, N - k) \sqrt{CM_E}}{n_i} \dots \dots \dots ec(7)$$

Donde:

$CM_E$ : cuadrado medio del error.

$n$ : numero de observaciones por tratamientos.

$k$ : es el número de tratamientos.

$N - k$ : grados de libertad para el error.

$\alpha$ : nivel de significancia prefijado.

$q_\alpha(k, N - k)$ : puntos porcentuales de distribución del rango estandarizado.

Gutiérrez, (2012).

### 4.8.3. Prueba de hipótesis

Se realiza la prueba de hipótesis Tukey con la finalidad de probar la igualdad de todos los posibles pares de medias con la hipótesis estadística.

- ✓ **Hipótesis nula  $H_0$ :** La media  $\bar{X}_i$  de los resultados de color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los dos ecotipos de oca en condiciones de (fresco, soleado y cocción), son iguales.

$$\bar{X}_i = \bar{X}_j$$

- ✓ **Hipótesis Alternativa  $H_a$ :** La media  $\bar{X}_i$  de los resultados de color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los dos ecotipos de oca en condiciones de (fresco, soleado y cocción), son diferentes.

$$\bar{X}_i \neq \bar{X}_j$$

Para algún  $i, j$  (Tratamientos)

Nivel de significancia ( $\alpha$ ) para el caso de las comparaciones de condiciones habitualmente se emplea  $\alpha = 0.05$ . Gutiérrez (2012).

Criterio de significancia se rechaza ( $H_0$ ) si  $\alpha > p - value$ .

### c. Correlación de Pearson

Se aplicó por que nuestras variables de investigación son cuantitativos continuos, donde se evalúa el grado de covariación que tienen dos variables al mismo tiempo (color, C. fenoles y C. antioxidante), es decir si el cambio de una variable está acompañada en relación de la otra.

La correlación nos va dar dos indicadores las cuales son:

- fuerza de correlación (que se mide por proporciones de -1 a 1).
- Dirección (entendida como positiva o negativa)

Correlación positiva.- Se dice cuando una variable aumenta, puede aumentar la otra.

Correlación negativa.- Se dice cuando una variable aumenta, la otra variable disminuye.

Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

#### d. Interpretación del coeficiente de Pearson $R_s$

El valor de  $R_s$  es de -1 a +1 y se interpretan de la siguiente manera (Tabla 15)

**Tabla 15:** Interpretación de  $R_s$  de Pearson

Valor del coeficiente de Pearson	Sí se encuentra de	Grado de correlación entre variables
$R_s$	-1	Correlación negativa perfecta
$R_s$	-1 y -0.5	Fuerte correlación negativa
$R_s$	-0.5 y 0	Débil corelación negativa
$R_s$	0 y 0.5	Débil correlación positiva
$R_s$	0.5 y 1	Fuerte correlación positiva
$R_s$	1	Correlación positiva perfecta

Sí  $\alpha = 0$ , se acepta la hipótesis nula, en los casos contrarios se rechaza.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Resultados de la humedad de los tubérculos de oca.

En la Tabla 16 se observan los resultados del contenido de humedad en las diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 16:** Humedad de los dos ecotipos de oca (%).

ecotipos	condiciones	% de Humedad			Variación en (%)	Diferencia Significativa
		$\bar{X}$	$S$	CV%		
Yana	fresco	76.6 ± 0.8	1.0	---	A	
	soleado	70.6 ± 5.6	7.9	-8	A	
Oqa	cocción	75.4 ± 2.5	3.3	7	A	
Uma huaculla	fresco	76.9 ± 3.5	4.6	---	A	
	soleado	71.4 ± 7.0	9.8	-7	A	
	cocción	75.1 ± 5.5	7.3	5	A	

$\bar{X}$  Promedio de 3 repeticiones  
 $S$  Desviación estándar  
 cv Coeficiente de variabilidad

Muestra que el ecotipo Uma huaculla fue el que presentó mayor contenido de humedad en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores de 76.9, 71.4, 75.1 respectivamente; en soleado disminuyó su contenido de humedad en 7% y en cocción incrementó en 5%. Los valores del coeficiente de variabilidad son menores a 9.8%, esto señala que la repetitividad de las medidas del % de humedad presentan variaciones bajas.

En comparación al ecotipo Yana oqa su contenido de humedad en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de 76.6, 70.6, 75.4, respectivamente, en soleado disminuyó su humedad en 8% y en cocción incrementó en 7%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad con valores bajos de 7.9%, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas del % de humedad presentan desviaciones bajas.

## 5.2. Evaluación de los parámetros de color en coordenadas colorimétricas.

### a. $L^*$ (luminosidad)

En la Tabla 17 se observan los resultados del contenido de luminosidad  $L^*$  en las diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 17:** Luminosidad ( $L^*$ ). de los dos ecotipos de oca.

Ecotipo	condiciones	$L^*$		cv%	Variación en (%)	diferencia significativa*
		$\bar{X}$	$s$			
Yana oqa	fresco	23.8	± 3.1	13.0	---	A
	soleado	27.4	± 10.0	36.5	15.0	B
	cocción	40.7	± 6.9	16.9	48.6	C
Uma huaculla	fresco	32.0	± 5.2	16.3	---	A
	soleado	37.9	± 14.6	38.5	19	B
	cocción	68.5	± 6.0	8.8	81	C
$\bar{X}$	Promedio de 3 repeticiones					
$S$	Desviación estándar					
cv	Coeficiente de variabilidad					

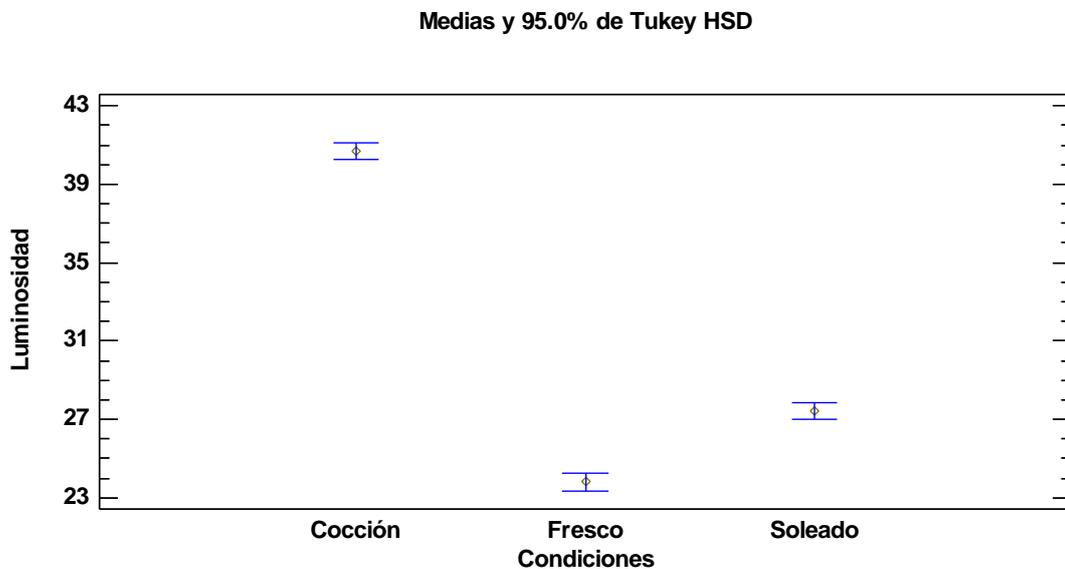
Muestra que el ecotipo Uma huaculla fue el que presentó la mayor luminosidad en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores de 32.0, 37.9, 68.5 respectivamente; en soleado incrementó su luminosidad al 19% y en cocción de igual manera incrementó al 81%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad con valores altos 38.5%, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas de la luminosidad  $L^*$  presentan desviaciones altas.

En comparación al ecotipo Yana oqa su contenido de luminosidad en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de 23.8, 27.4, 40.7 respectivamente, en soleado incrementó su luminosidad al 15.0% y en cocción también incrementó al 48.6%. Por otra parte los valores del coeficiente de variabilidad son menores a 36.5%, esto señala que la repetitividad de las medidas de luminosidad  $L^*$  presentan desviaciones altas.

### ANOVA L\* ecotipo Yana oqa

Al aplicar ANOVA para la luminosidad L\* (Anexo 4), se demostró que si existe diferencia estadísticamente, entre la luminosidad y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Yana oqa con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 5), la luminosidad L\* de Yana oca en condiciones de (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 17, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la luminosidad en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



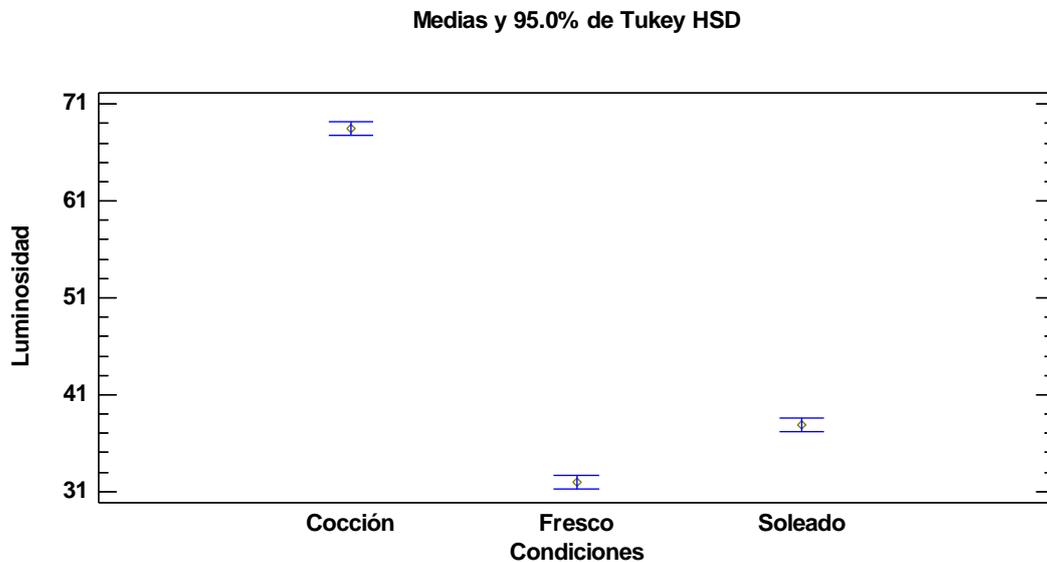
**Figura 14:** Luminosidad L\* para Yana oqa en diferentes condiciones

### ANOVA L\* ecotipo Uma huaculla

Al aplicar análisis de varianza para la luminosidad L\* (Anexo 6), se demostró que si existe diferencia estadísticamente, entre la luminosidad y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Uma huaculla con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 7), la luminosidad L\* de Uma huaculla en condiciones de (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia

significativa, como se puede apreciar en la Figura 18, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la luminosidad en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



**Figura 15:** Luminosidad L\* para Uma huaculla en diferentes condiciones

### b. Cromo a\* (-verde/+ rojo)

En la Tabla 18 se observan los resultados del contenido de croma a\* en las diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 18:** Coordenada a\* de los dos ecotipos de oca

Ecotipo	condiciones	Croma a*			Variación en (%)	diferencia significativa
		$\bar{X}$	$\pm$	cv%		
Yana oqa	fresco	16.4	$\pm$ 1.7	10.1	---	A
	soleado	22.8	$\pm$ 5.0	21.9	39.6	A
	cocción	16.9	$\pm$ 1.6	9.3	-26.2	B
Uma huaculla	fresco	15.8	$\pm$ 3.1	19.5	---	A
	soleado	29.7	$\pm$ 3.5	11.6	88	B
	cocción	12.8	$\pm$ 2.4	18.5	-57	C

$\bar{X}$	Promedio de 3 repeticiones
S	Desviación estándar
cv	Coeficiente de variabilidad

Muestra que el ecotipo Uma huaculla fue el que presentó mayor contenido de croma a\* en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores de 15.8, 29.7, 12.8, respectivamente; en soleado incrementó su croma a\* al 88% y en cocción disminuyó en 57%. Por otra parte, se observa el coeficiente de variabilidad que esta debajo de 19.5% y son valores altos, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas de a\*, presentan altas desviaciones.

En comparación con el ecotipo Yana oqa su contenido de croma a\* en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de 16.4, 22.8, 16.9, respectivamente; en soleado incrementó croma a\* en 39.6%, y en cocción disminuyó 26.2%. Por otra parte, se observa el coeficiente de variabilidad que esta debajo de 21.9% y son valores altos, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas de a\*, presentan altas desviaciones.

### **ANOVA Croma a\* ecotipo Yana oqa**

Al aplicar análisis de varianza para la Croma a\* (Anexo 8), se demostró que si existe diferencia estadísticamente, entre la croma a\* y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Yana oqa, con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P = 0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 9), la Croma a\* de Yana oqa en las condiciones (fresco, soleado y cocción), se ve que al menos dos pares muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 19, donde se observa claramente que la proyección de los intervalos de fresco y cocción se superponen y muestra que son iguales, mientras que en soleado es el mejor tratamiento para croma a\* estadísticamente.

Medias y 95.0% de Tukey HSD

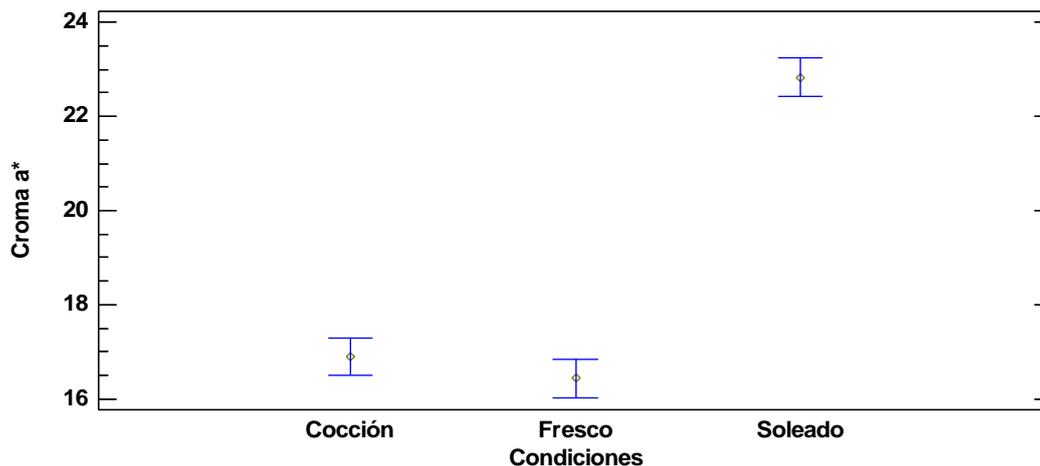


Figura 16: Croma a\* para Yana oqa en diferentes condiciones

### ANOVA Croma a\* ecotipo Uma huaculla

Al aplicar análisis de varianza para croma a\* (Anexo 10), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre la croma a\* y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Uma huaculla con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 11), la croma a\* de Uma huaculla en las condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 20, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la luminosidad en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.

Medias y 95.0% de Tukey HSD

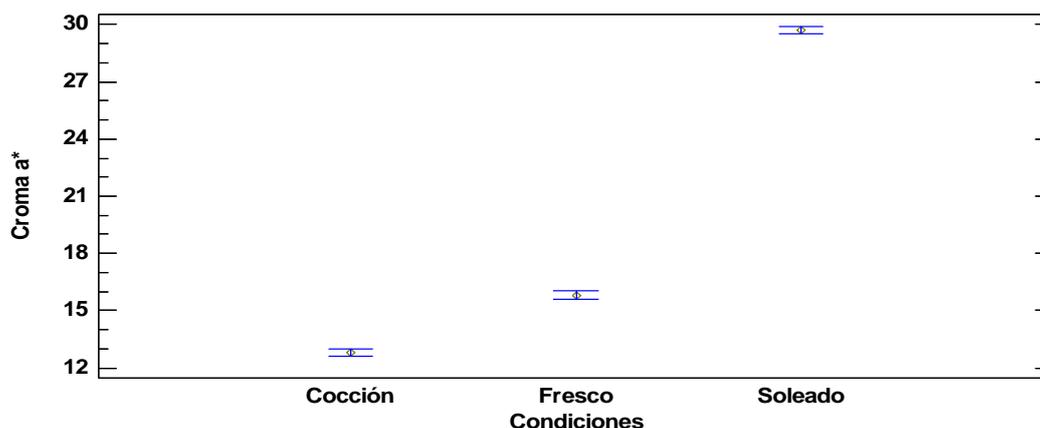


Figura 17: Croma a\* para Uma huaculla en diferentes condiciones

### c. Cromo $b^*$ (azul/ amarillo)

En la Tabla 19 se observan los resultados del contenido de croma  $b^*$  en las diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 19:** Cromo  $b^*$  de los dos ecotipos de oca.

Ecotipo	condiciones	$b^*$			Variación en (%)	diferencia significativa
		$\bar{x}$	$s$	cv%		
Yana oqa	fresco	2.9	± 1.1	37.3	---	A
	soleado	5.6	± 1.9	34.2	92.3	B
	cocción	1.6	± 0.7	42.3	-72	C
Uma huaculla	fresco	8.4	± 4.7	55.6	---	A
	soleado	13.6	± 1.8	13.0	61	B
	cocción	2.1	± 0.5	25.4	-84	C

$\bar{x}$  Promedio de 3 repeticiones  
 $s$  Desviación estándar  
 cv Coeficiente de variabilidad

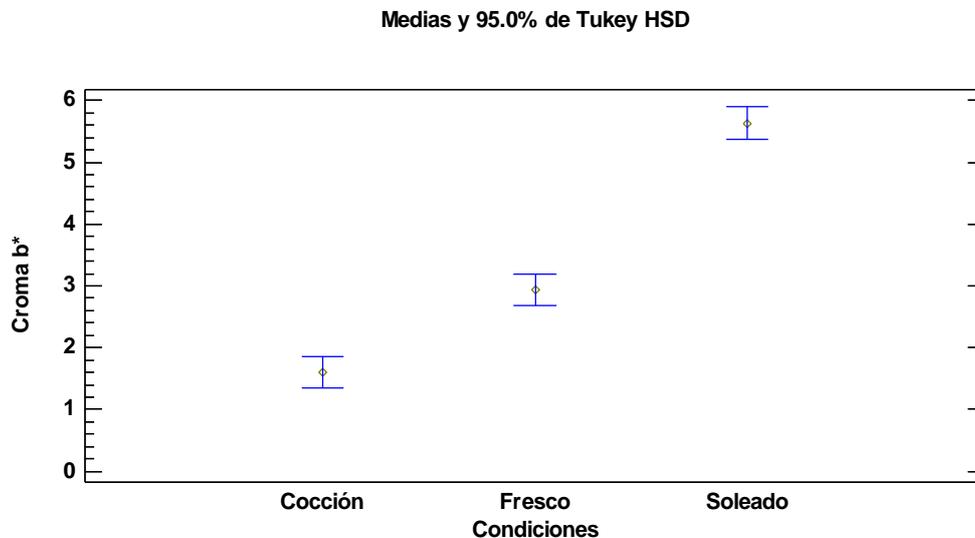
Muestra que el ecotipo Yana oqa fue el que presentó mayor valor en contenido de croma  $b^*$  en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores 2.9, 5.6, 1.6, respectivamente; en soleado incrementó su croma  $b^*$  en 92.3% y en cocción disminuyó en 72%. Por otra parte, se observa el coeficiente de variabilidad que esta debajo de 42.3% y son valores altos, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas de  $a^*$ , presentan altas desviaciones.

En comparación al ecotipo Uma huaculla su contenido de croma  $b^*$  en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de 8.4, 13.6, 2.1, respectivamente; en soleado incrementó su croma  $b^*$  en 61% y en cocción disminuyó 84%. Por otra parte, se observa el coeficiente de variabilidad que esta debajo de 55.6% y son valores altos, esto quiere decir que la repetitividad de las medidas de  $a^*$ , presentan altas desviaciones.

### ANOVA Cromo b\* ecotipo Yana oqa

Al aplicar análisis de varianza para croma b\* (Anexo 12), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre croma b\* y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Yana oqa con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 13), la croma b\* de Yana oqa en condiciones de (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 21, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la luminosidad en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



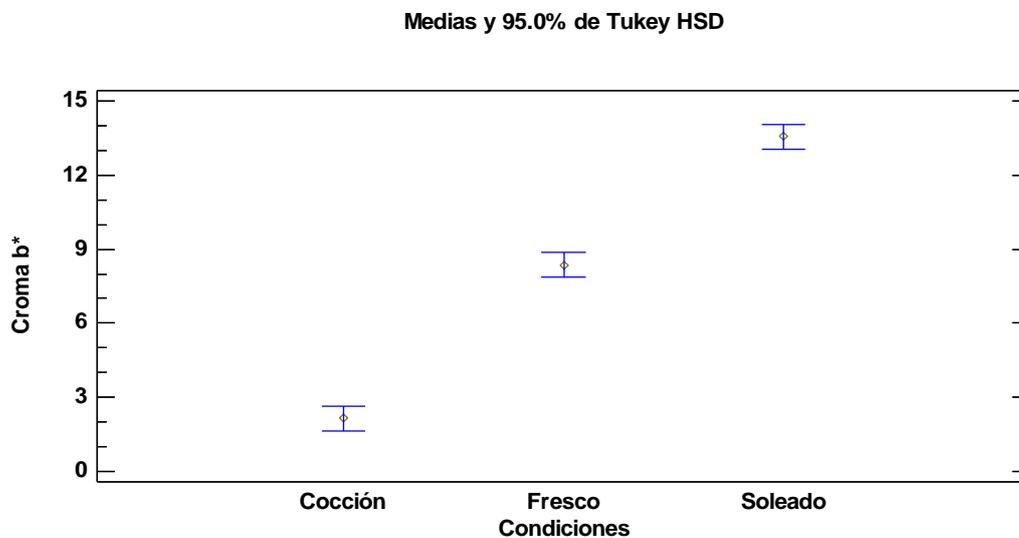
**Figura 18:** Croma b\* para Yana oqa en diferentes condiciones

### ANOVA Cromo b\* ecotipo Uma huaculla

Al aplicar análisis de varianza para croma b\* (Anexo 14), se demostró que existe diferencia estadísticamente entre croma b\* y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Uma huaculla con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 15), la croma b\* de Uma huaculla en condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 21, donde se observa claramente que la

proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la cromática  $b^*$  en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



**Figura 19:** Cromática  $b^*$  para Uma huaculla en diferentes condiciones

### 5.3. Discusión de los resultados de coordenadas de color $L^*a^*b^*$

En la siguiente Tabla 20 se muestran los resultados reportados por diferentes autores, con los cuales se realizó la comparación de la variabilidad de los resultados de  $L^*$ ,  $a^*$   $b^*$ .

**Tabla 20:** Discusión de la variabilidad de color en diferentes condiciones

Autor	Otro autor		Nuestra investigación							
	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color			Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color		
			$L^*$	$a^*$	$b^*$			$L^*$	$a^*$	$b^*$
Monar (2014), evaluó efecto de la temperatura sobre $L^*$ en 2 ecotipos de oca	Llucho oqa	fresco	---				fresco	---		
		soleado	0.1			Yana oqa	soleado	15		
		cocido	6.3				cocido	49		
	Kamusa	fresco	---			Uma huaculla	fresco	---		
		soleado	20.7				soleado	19		
		cocido	16.1				cocido	81		

En comparación la presente investigación de Monar (2014) y nuestros datos; en los dos ecotipos presentaron valores ligeramente superiores, luego de ser sometido al soleado y cocción, esto se podría deberse a la pérdida de pigmentación por la exposición directa a los rayos solares y lixiviación en cocción. (Oña, 2015).

Autor	Otro autor		Nuestra investigación							
	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color			Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color		
			L*	a*	b*			L*	a*	b*
Castillo (2017), evaluó el efecto de fritado sobre color en 2 ecotipos de oca	Kenya	fresco	---	---	---	Yana oqa	fresco	---	---	---
		frito	-47	91	-32		soleado	15	40	92
	Amarilla	fresco	---	---	---	Uma huaculla	fresco	---	---	---
		frito	-45	51	6		soleado	19	88	61
							cocción	49	-26	-72
							cocción	81	-57	-84

Estos datos son similares en el contenido de b\* en la variedad Kenya, esta disminución de luminosidad se debe a que en fritura hay una formación de lignina y la oxidación de carotenoides presentes en los tubérculos Monar (2014). La disminución de la L\* se podría deber a muchos factores, como la temperatura del fritado, el tiempo, grosor de corte, etc.

Autor	Otro autor		Nuestra investigación							
	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color			Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de las coordenadas de color		
			L*	a*	b*			L*	a*	b*
Paucar (2014), evaluó el efecto de los tratamientos sobre L* en dos ecotipos de oca	Amarilla	fresco	---			Yana oqa	fresco	---		
	Chaucha	seco	-13				soleado	15		
		cocido	-17			cocción	49			
	Zapallo	fresco	---			Uma huaculla	fresco	---		
		seco	-7				soleado	19		
			cocido	-9			cocción	81		
Oña (2015), evaluó el tratamiento térmico sobre la L* en dos variedades de papa	Uvilla	fresco	---							
		cocido	20							
	Tuspa	fresco	---							
		cocido	-7							

Estos resultados no coinciden a los determinados en la presente investigación, porque en soleado y cocción los dos ecotipos tienden a incrementar en el contenido de L\* en nuestra investigación y de Paucar (2014) disminuye. Estos cambios bruscos en la disminución de luminosidad se podrían atribuirse a variaciones composicionales que modifican la matriz celular y a una disminución de contenido de  $\beta$  carotenos en tubérculos de color amarillo. (Oña, 2015).

#### 5.4. Resultado de compuestos fenólicos de los dos ecotipos de oca en condiciones de fresco, soleado y cocción.

En la Tabla 21 se observan los resultados del contenido de compuestos fenólicos en diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 21:** Compuestos fenólicos de los dos ecotipos de oca.

Ecotipos	condiciones	compuestos fenólicos totales en (mg AGE/100g de muestra)			Variación en (%)	Diferencia Significativa*
		$\bar{X}$	$S$	CV%		
Yana Oqa	fresco	2037.5	± 4.5	0.22	---	A
	soleado	2114.7	± 3.4	0.16	4	B
	cocción	1039.1	± 2.8	0.27	-51	C
Uma huaculla	fresco	1905.1	± 3.3	0.17	---	A
	soleado	1990.5	± 6.0	0.30	4	B
	cocción	781.7	± 2.4	0.31	-61	C

$\bar{X}$  Promedio de 3 repeticiones  
 $S$  Desviación estándar  
 cv Coeficiente de variabilidad

Muestra que el ecotipo Yana oqa fue el que presentó mayor contenido de compuestos fenólicos en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores de (2037.5, 2114.7, 1039.1) mg AGE/100g bh, respectivamente; en soleado incrementó sus compuestos fenólicos al 4% y en cocción disminuyó en 51%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores de 0.27%, esto quiere decir la repetibilidad de las medidas de los compuestos fenólicos, presentan bajas desviaciones.

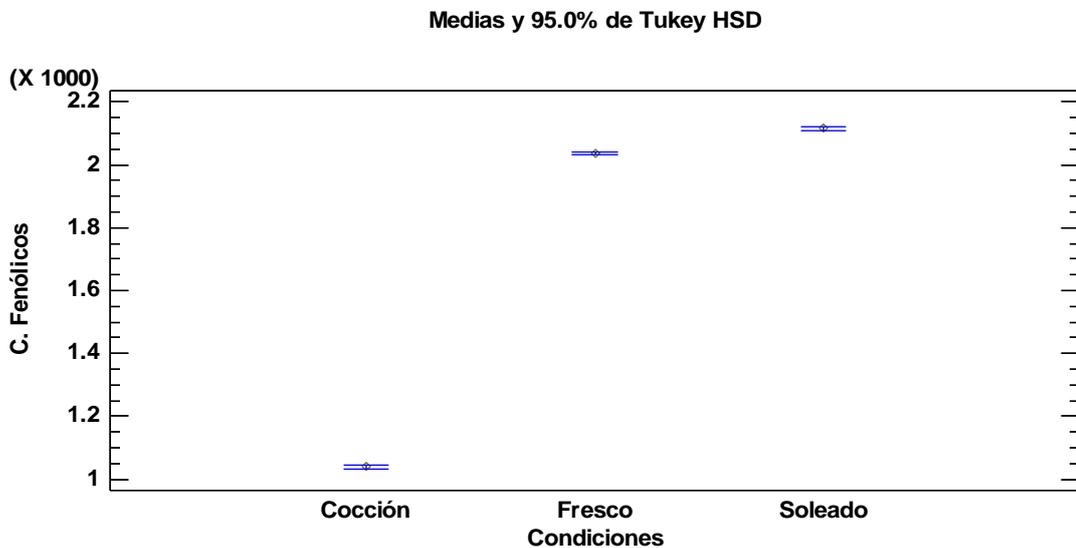
En comparación al ecotipo Uma huaculla su contenido de compuestos fenólicos en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de (1905.1, 1990.5, 781.7) mg AGE/100g bh, respectivamente; en soleado incrementó sus compuestos fenólicos al 4% y en cocción disminuyó 61%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores de 0.31%, esto quiere decir la repetibilidad de las medidas de los

compuestos fenólicos, presentan bajas desviaciones.

### **ANOVA de compuestos fenólicos totales en ecotipo Yana oqa**

Al aplicar análisis de varianza para compuestos Fenólicos (Anexo 18), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre los compuestos fenólicos y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Yana oqa con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 19), los compuestos fenólicos de Yana oqa en condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 23, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que los compuestos fenólicos totales en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.

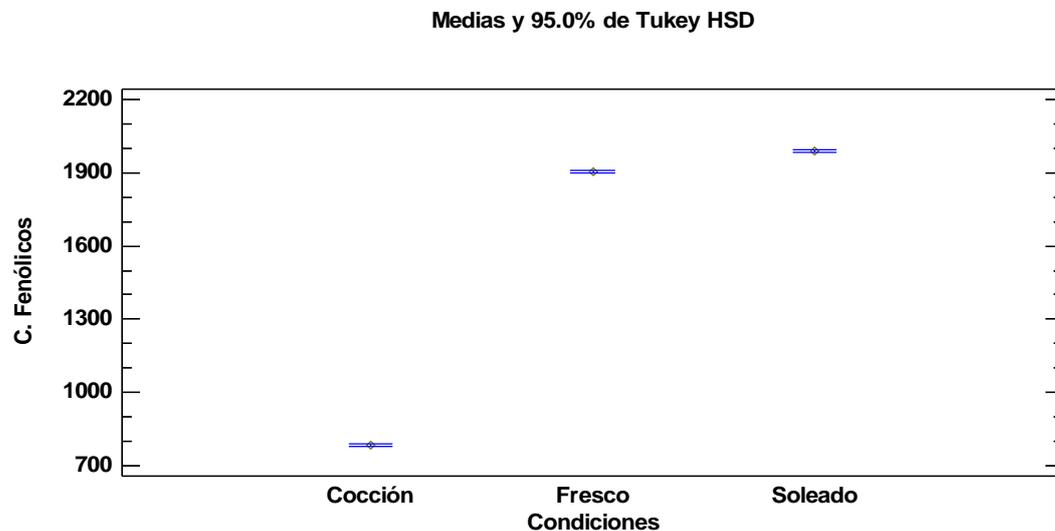


**Figura 20:** Compuestos fenólicos de Yana oqa en diferentes condiciones

### **ANOVA de compuestos fenólicos totales en ecotipo Uma huaculla**

Al aplicar análisis de varianza para compuestos Fenólicos (Anexo 20), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre los compuestos fenólicos y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Uma huaculla con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 21), los compuestos fenólicos en las condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 24, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que los compuestos fenólicos totales en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



**Figura 21:** Compuestos fenólicos de Uma huaculla en diferentes condiciones

### 5.5. Discusión de resultados de compuestos fenólicos

En la Tabla 22 se muestran los resultados reportados por diferentes autores, con los cuales se realizó la comparación de la variabilidad de los resultados de Compuestos Fenólicos.

**Tabla 22:** Comparación de la variabilidad de C. Fenólicos en diferentes condiciones

Otro autor				Nuestra investigación		
Autor	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales	Ecotipode oca	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales
Taípe (2017), evaluó contenido de fenoles en Mashua	Zapallo	fresco	---	Yana oqa	fresco	---
		soleado	19		soleado	4
		cocción	-17		cocción	-51
	Negra	fresco	---	Uma huaculla	fresco	---
		soleado	7		soleado	4
		cocción	-10		cocción	-61
Pacco (2015), determinó contenido de fenoles en Mashua	Amarilla	fresco	---			
		soleado	10			
		cocción	-25			

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Taípe (2017) y Pacco (2015), quienes mencionan que los compuestos fenólicos incrementan en soleado y disminuye en cocción. Esto es acorde con lo que en este estudio se halla.

Este incremento de fenoles podría atribuirse a la síntesis de poli fenoles estimulada por condiciones de estrés, tales como las alteraciones de temperatura y radiación UV, porque la presencia y incremento de polifenoles contribuyen parte de los mecanismos de defensa innata de las plantas (Leyva , 2006), y la disminución en cocción se atribuye a que la lixiviación de fenoles es uno de los factores responsables de la disminución de los mismos durante la cocción en agua, además la variedad del cultivo, la temperatura y el tiempo de cocción que juegan un papel importante en la pérdida de los compuestos fenólicos (Días 2011, citado por Taípe 2017).

Otro autor					Nuestra investigación	
Autor	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales	Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales
Baldeón (2013), evaluó el efecto de temperatura en contenido de fenoles en oca	Purpura	Fresco	---	Yana oqa	fresco	---
		cocido	-74		soleado	4
					cocción	-51
	Amarilla	Fresco	---	Uma huaculla	fresco	---
		cocido	-78		soleado	4
					cocción	-61
Oña (2015), evaluó la influencia del tratamiento térmico sobre compuestos fenólicos de papa	Tushpa	fresco	---			
		cocido	-7			
	Uvilla	fresco	---			
		cocido	-11			
Pérez (2014), determinó la influencia de la temperatura sobre fenoles en mashua	Chaucha	Fresco	---			
		Escaldada	-26			
		Deshidratada	-70			
		Fritura	-29			

A partir de los hallazgos encontrados en los autores Baldeón (2013), Oña (2015) y Pérez (2014), sus resultados guardan relación en la disminución de compuestos fenólicos en cocción; esto es acorde con nuestra investigación. Ya que los fenólicos totales están presentes principalmente en forma ligada, unidos a los compuestos estructurales de la pared celular y con la adición de temperaturas altas, contribuye a la liberación de estos ácidos fenólicos unidos haciéndolos más sensibles al efecto térmico, lo cual podría provocar la disminución (Taípe 2017). Y también se debe a que los polifenoles son compuestos termolábiles y comienzan a degradarse a temperaturas mayores a 40°C, mayor a esta temperatura ocurre transformaciones químicas en el proceso de cocción causando su descomposición natural de estos compuestos (Kuskoski 2005 citado por Baldeón 2013).

## 5.6. Resultado de la capacidad antioxidante de oca en condiciones de fresco, soleado y cocción.

En la Tabla 23 se observan los resultados de la capacidad antioxidante en las diferentes condiciones de estudio.

**Tabla 23:** Capacidad antioxidante de los dos ecotipos de oca

Ecotipo	Condiciones	Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{g}$ Eq* Trolox /g b.h.)			Variación en (%)	Diferencia significativa
		$\bar{X}$	$S$	CV%		
Yana	fresco	73.1	$\pm$ 0.1	0.17	---	A
	soleado	77.6	$\pm$ 0.2	0.26	6	B
Oqa	cocción	70.6	$\pm$ 0.1	0.21	-9	C
Uma huaculla	fresco	71.1	$\pm$ 0.6	0.89	---	A
	soleado	73.2	$\pm$ 0.2	0.28	3	B
	cocción	67.5	$\pm$ 1.0	1.42	-8	C

$\bar{X}$  Promedio de 3 repeticiones  
 $S$  Desviación estándar  
 cv Coeficiente de variabilidad

Muestra que el ecotipo Yana oqa fue el que presentó mayor capacidad antioxidante en condiciones de fresco, soleado y cocción con valores de (73.1, 77.6, 70.6)  $\mu\text{g}$  Eq\* Trolox/g bh, respectivamente; en soleado incrementó su capacidad antioxidante en 6% y en cocción disminuyó 9%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores de 0.26%, esto quiere decir la repetibilidad de las medidas de la capacidad antioxidante, presentan bajas desviaciones.

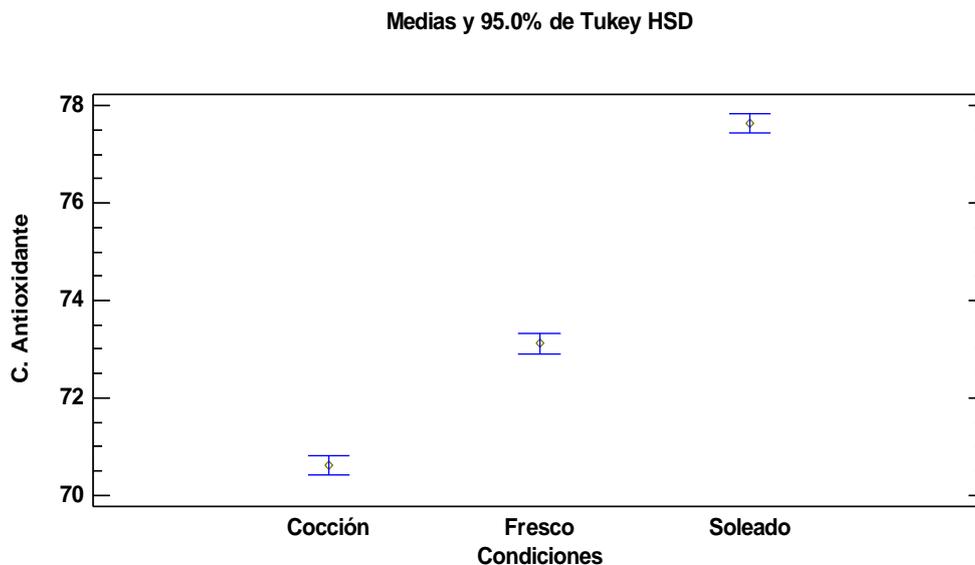
En comparación al ecotipo Uma huaculla su capacidad antioxidante en condiciones de fresco, soleado y cocción presentó valores de (71.1, 73.2, 67.5)  $\mu\text{g}$  Eq\* Trolox/g bh, respectivamente; en soleado incrementó su

capacidad antioxidante en 3% y en cocción disminuyó 8%. Por otra parte se observa el coeficiente de variabilidad es bajo con valores menores de 1.42%, esto quiere decir la repetibilidad de las medidas de la capacidad antioxidante, presentan bajas desviaciones.

### **ANOVA de capacidad antioxidante en ecotipo Yana oqa.**

Al aplicar análisis de varianza para capacidad antioxidante (Anexo 24), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre la capacidad antioxidante y las condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Yana oqa con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0000).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 25), la capacidad antioxidante en las condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 25, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la capacidad antioxidante en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.

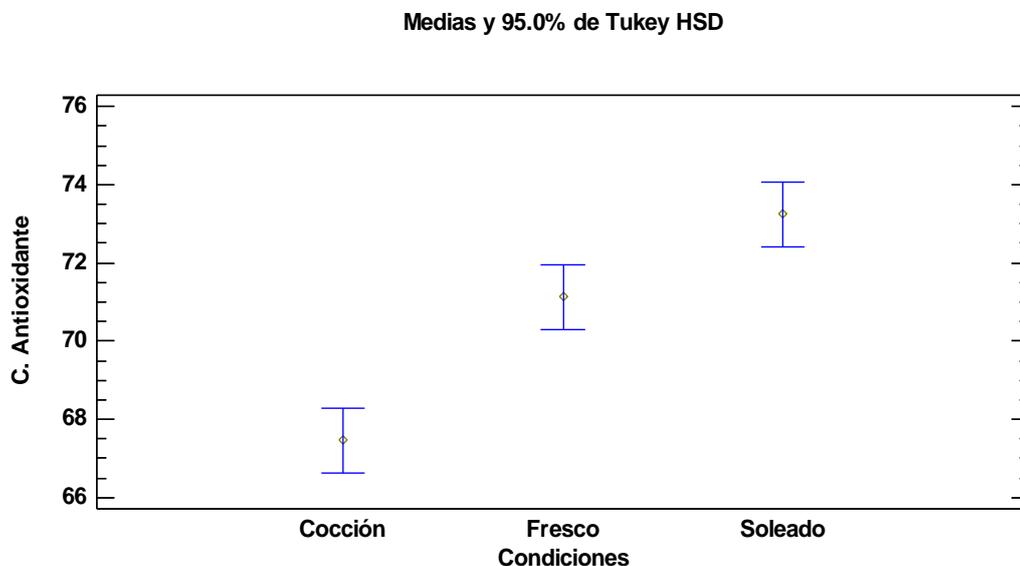


**Figura 22:** Capacidad antioxidante de Yana oqa en diferentes condiciones

### **ANOVA de capacidad antioxidante en ecotipo Uma huaculla.**

Al aplicar análisis de varianza para capacidad antioxidante (Anexo 26), se demostró que existe diferencia estadísticamente, entre la capacidad antioxidante y las diferentes condiciones de fresco, soleado y cocción del ecotipo Uma huaculla con un 95% de nivel de confianza. Puesto que el valor-P es menor que 0.05 (valor-P =0.0001).

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 27), la capacidad antioxidante en las condiciones (fresco, soleado y cocción), sí muestran diferencia significativa, como se puede apreciar en la Figura 26, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos no se superponen, esto indica de que la capacidad antioxidante en diferentes condiciones no son similares estadísticamente.



**Figura 23:** Capacidad antioxidante de Uma huaculla en diferentes condiciones

### 5.7. Discusión de resultados de capacidad antioxidante

En la Tabla 24, se muestran los resultados reportados por los diferentes autores, con los cuales se realizó la comparación de la variabilidad de los resultados de Capacidad antioxidante.

**Tabla 24:** Comparación de la variabilidad de C. antioxidante en diferentes condiciones

Otro autor				Nuestra investigación		
Autor	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de los C. capacidad antioxidante	Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales
Taípe (2017), evaluó contenido de fenoles en Mashua	Zapallo	fresco	---	Yana oqa	fresco	---
		soleado	35		soleado	6
		cocción	-7		cocido	-9
	Negra	fresco	---	Uma huaculla	fresco	---
		soleado	5		soleado	3
		cocción	-3		cocido	-8
Robles (2016), evaluó la pasteurización, sobre C.A. en dos ecotipos de oca	Kello	Past. 65°C/30"	---	Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Taípe (2017) y Robles (2016), quienes mencionan que la capacidad antioxidante incrementa en soleado y disminuye en cocción. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.		
		Past. 75°C/12"	-3			
		Past. 85°C/12"	-1			
		Past. 90°C/5"	2			
	Keny rojo	Past. 65°C/30"	---			
		Past. 75°C/12"	2			
		Past. 85°C/12"	-6			
		Past. 90°C/5"	5			
<p>El incremento de la capacidad antioxidante se debe a que en los tubérculos tienen en mayor capacidad antioxidante en la cáscara, lo que podría a ver influenciado al momento del soleado con la pérdida de agua por evaporación favoreciendo una concentración considerable de capacidad antioxidante (Cantuta, 2016).</p> <p>La pérdida de capacidad antioxidante también se puede relacionar con la pérdida de vitaminas por su solubilidad en agua, transferencia de masa, sensibilidad al calor y oxidación enzimática (Lana M. &amp; Tijskens L., 2006).</p>						

Otro autor						Nuestra investigación
Autor	Ecotipo de tubérculo	Tratamientos	Variación en (%) de los C. antioxidante	Ecotipo de oca	Tratamientos	Variación en (%) de los C. fenólicos totales
Monar (2014), evaluó el proceso del tiempo y la temperatura sobre C. antioxidante en oca	Llucho oqa	fresco	---	Yana oqa	fresco	---
		secado	-71		soleado	4
		cocido	8		cocido	-51
	Bola kamusa	fresco	---	Uma huaculla	fresco	---
		secado	-45		soleado	4
		cocido	2		cocido	-61
Paucar (2014), evaluó el efecto de tiempo y temperatura sobre la c. Antioxidante de Mashua	Amarilla Chaucha	fresco	---	Pero, en lo que no concuerda el estudio de los autores Monar (2014) y Paucar (2014) referidas con el presente estudio, es que ellos mencionan que en soleado disminuye la capacidad antioxidante y en cocción incrementa. En este estudio no se encuentra esos resultados. En cambio Pacco (2015), menciona que en soleado y cocción disminuyen proporcionalmente la capacidad antioxidante.		
		seco	-13			
		cocido	7			
	Zapallo	fresco	---			
		seco	-6			
		cocido	11			
Pacco (2015), evaluó 3 parámetros sobre la c. antioxidante de mashua	Amarilla	fresco	---			
		soleado	-13			
		cocido	-11			
<p>Esta disminución en los resultados reportados se podría deber a que en el proceso de evaluación haya influido muchos factores como el tiempo de soleado, tiempo de cocción, el proceso de evaluación o la calibración de equipos, ya que este mismo autor Monar (2014) menciona que existe una producción de reacciones de oxidación y lixiviación de los compuestos antioxidantes en el agua durante la cocción, lo que disminuye la capacidad antioxidante en las muestras tratadas térmicamente y en su investigación hay un incremento en cocción de capacidad antioxidante.</p>						

## 5.8. Correlación de variables ecotipo Yana oqa

### a. Correlaciones ecotipo Yana oqa fresca

**Tabla 25:** Correlación de variables para Yana oqa fresca

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	$R_s$		-0.9615	-0.3408
	n		(3)	(3)
	p-value		0.1772	0.7786
C. fenólicos	$R_s$	-0.9615		0.0694
	n	(3)		(3)
	p-value	0.1772		0.9558
C. Antioxidante	$R_s$	-0.3408	0.0694	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.7786	0.9558	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad y C. fenólicos, hay una fuerte correlación negativa (-0.9615)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, los compuestos fenólicos disminuyen.

Tonalidad y C. Antioxidante, hay una débil correlación negativa (-0.3408)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, la C. antioxidante disminuye mínimamente

Compuestos Fenólicos y C. antioxidante, hay una débil correlación positiva (0.0694)

No tienen ninguna correlación

## b. Correlaciones ecotipo Yana oqa soleado

**Tabla 26:** Correlación de variables para Yana oqa soleado

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	$R_s$		0.1317	0.7439
	n		(3)	(3)
	p-value		0.9159	0.4660
C. fenólicos	$R_s$	0.1317		-0.5645
	n	(3)		(3)
	p-value	0.9159		0.6181
C. Antioxidante	$R_s$	0.7439	-0.5645	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.4660	0.6181	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad c. y C. fenólicos,  
hay una débil correlación  
Positiva (0.1317)

Esto quiere decir que si aumenta la  
Tonalidad croma, los compuestos  
fenólicos aumentan mínimamente.

Tonalidad c. y C.  
Antioxidante, hay una fuerte  
correlación positiva (0.7439)

Esto quiere decir que si aumenta la  
Tonalidad croma, la c. antioxidante  
aumenta.

Compuestos Fenólicos y C.  
antioxidante, hay una débil  
correlación negativa (-0.5645)

Esto quiere decir que si aumenta  
los c. fenólicos, la C. antioxidante  
disminuye mínimamente.

### c. Correlaciones ecotipo Yana oqa Cocción

**Tabla 27:** Correlación de variables para Yana oqa cocción

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	R <sub>s</sub>		-0.2944	0.5169
	n		(3)	(3)
	p-value		0.8098	0.6542
C. fenólicos	R <sub>s</sub>	-0.2944		-0.9703
	n	(3)		(3)
	p-value	0.8098		0.1556
C. Antioxidante	R <sub>s</sub>	0.5169	-0.9703	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.6542	0.1556	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad c. y C. fenólicos,  
hay una débil correlación  
negativa (-0.2944)

Esto quiere decir que si aumenta la  
Tonalidad croma, los compuestos  
fenólicos disminuyen mínimamente

Tonalidad c. y C.  
Antioxidante, hay una débil  
correlación positiva (0.5169)

Esto quiere decir que si aumenta la  
Tonalidad croma, la c. antioxidante  
aumenta mínimamente

Compuestos Fenólicos y C.  
antioxidante, hay una fuerte  
correlación negativa (-  
0.9703)

Esto quiere decir que si aumenta los  
c. fenólicos, la C. antioxidante  
disminuye

## 5.9. Correlación de variables ecotipo Uma huaculla

### a. Correlaciones ecotipo Uma huaculla fresca

**Tabla 28:** Correlación de variables para Uma huaculla fresca

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	$R_s$		-0.7543	0.9377
	n		(3)	(3)
	p-value		0.4560	0.2258
C. fenólicos	$R_s$	-0.7543		-0.4793
	n	(3)		(3)
	p-value	0.4560		0.6818
C. Antioxidante	$R_s$	0.9377	-0.4793	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.2258	0.6818	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad c. y C. fenólicos, hay una fuerte correlación negativa (-0.7543)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, los compuestos fenólicos disminuyen.

Tonalidad c. y C. Antioxidante, hay una fuerte correlación positiva (0.9377)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, la c. antioxidante aumenta.

Compuestos Fenólicos y C. antioxidante, hay una débil correlación negativa (-0.4793)

Esto quiere decir que si aumenta los c. fenólicos, la C. antioxidante disminuye mínimamente.

## b. Correlaciones ecotipo Uma huaculla soleado

**Tabla 29:** Correlación de variables para Uma huaculla soleado

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	$R_s$		-0.1669	-0.8717
	n		(3)	(3)
	p-value		0.8933	0.3260
C. fenólicos	$R_s$	-0.1669		-0.3376
	n	(3)		(3)
	p-value	0.8933		0.7808
C. Antioxidante	$R_s$	-0.8717	-0.3376	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.3260	0.7808	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad c. y C. fenólicos, hay una débil correlación negativa (-0.1669)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, los compuestos fenólicos disminuyen mínimamente.

Tonalidad c. y C. Antioxidante, hay una fuerte correlación negativa (-0.8717)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, la c. antioxidante disminuye.

Compuestos Fenólicos y C. antioxidante, hay una débil correlación negativa (-0.3376)

Esto quiere decir que si aumenta los c. fenólicos, la C. antioxidante disminuye mínimamente.

### c. Correlaciones ecotipo Uma huaculla cocción

**Tabla 30:** Correlación de variables para Uma huaculla cocción

		Tonalidad croma	C. fenólicos	C. Antioxidante
Tonalidad croma	$R_s$		0.9765	-0.7057
	n		(3)	(3)
	p-value		0.1384	0.5013
C. fenólicos	$R_s$	0.9765		-0.8419
	n	(3)		(3)
	p-value	0.1384		0.3629
C. Antioxidante	$R_s$	-0.7057	-0.8419	
	n	(3)	(3)	
	p-value	0.5013	0.3629	

Donde se puede ver la correlación entre pares:

Tonalidad c. y C. fenólicos, hay una fuerte correlación positiva (0.9765)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, los compuestos fenólicos aumentan.

Tonalidad c. y C. Antioxidante, hay una fuerte correlación negativa (-0.7057)

Esto quiere decir que si aumenta la Tonalidad croma, la c. antioxidante disminuye.

Compuestos Fenólicos y C. antioxidante, hay una fuerte correlación negativa (-0.8419)

Esto quiere decir que si aumenta los c. fenólicos, la C. antioxidante disminuye.

## CONCLUSIONES

- La oca ecotipo Uma huaculla soleado presentó un mayor valor en coordenadas de color L\* a\* b\* con 37.9, 29.71, 13.55 respectivamente; y después de la cocción generó un incremento en luminosidad al 81%, en cromas a\* disminuyó en 57% y en cromas b\* disminuyó también en 84%. Mientras que en la Yana oca soleado presentó las coordenadas de color L\* a\* b\* con 27.41, 22.84, 5.59 respectivamente; incrementando solo en luminosidad después de la cocción con 49% y en cromas a\* y b\* disminuyó considerablemente.
- La oca soleada ecotipo Yana oca presentó mayor contenido de compuestos fenólicos totales con 2114.7 (mg AGE/100g bh); obteniendo una disminución de 51% después de la cocción. Para ecotipo Uma huaculla también el valor alto fue en soleado con 1990.5 (mg AGE/100g bh); generando una disminución 61% en cocción. De acuerdo al análisis estadístico se afirmó que si existe una diferencia estadísticamente significativa de los compuestos fenólicos en condiciones de fresco, soleado y cocción.
- La mayor retención de capacidad antioxidante de los dos ecotipos, se obtuvo en Yana oca soleado con 77.6 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ); obteniendo una disminución mínima de 9% después de la cocción. Seguido del ecotipo Uma huaculla soleado con 73.2 ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ); con una disminución de 8% después de cocción.

## RECOMENDACIONES

- ✓ A los futuros estudios en estos ecotipos de oca, evaluar la variación de color en frito a diferentes temperaturas, para promover su valor agregado en chips, porque el color de estos ecotipos son muy llamativos para la industria alimentaria.
- ✓ En los dos ecotipos de oca, determinar el efecto del soleado y la cocción en el contenido de almidón, porque es importante la calidad del almidón para el proceso agroindustrial ya que en la actualidad las harinas de tubérculos ya se están entregando en programas sociales como Qali Warma para postres y desayunos escolares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (INEI), S. N. (2018). Perú Panorama Económico Departamental. Instituto Nacional de Estadística e Informática , Perú. Recuperado el [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)
- Albújar , E., Casimiro, M., Paredes, J., & Mendieta , J. (2018). El agro en cifras. boletín , Ministerio de Agricultura y riego, Apurímac, Andahuaylas .
- Alcalde, E. C., Saavedra, G., Pascual, T. S., & Rivas , G. J. (24 de 10 de 2004). Identificación por cromatografía líquida espectrometría de masas de antocianinas de tubérculos de isla oca (*Oxalis tuberosa*, Mol.). Revista de cromatografía, 1054(1 y 2), 211 - 215. Recuperado el 13 de 11 de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002196730401427X?via%3Dihub>
- Aldabe, S., Banazzola, C., Aromendía, P., & Lacreu, L. (2004). Química 2. Química en Acción. Buenos Aires, Argentina : Ediciones Colihue. Recuperado el 1 de 11 de 2019, de <https://www.colihue.com.ar/fichaLibro?bookId=776>
- Almada, M., Stella Cáceres, M., Machaín Singer, M., & Claude Pulfer, J. (2005). Guía de uso se secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Guía, Educación MERCOSUR, Asunción, Paraguay.
- Almajano, M. (2009). Determinación de la actividad antioxidante de las vayas de gogi. Tesis de Pregrado , Consorcio Escolar Industrial (CEIB), Barcelona.
- Alonso Felipe , J. V. (2017). Taller sobre el color y su medición. Curso Taller, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Álvarez Lemos , R. (2013). Consumo de Antioxidantes Naturales en Adultos Mayores de 65 y 75 años con dislipidemia. Tesis de Pregrado , Universidad Abierta Interamericana .
- AOAC. (1990). Official methods of Analysis. Association of official analytical chemists (15 ed., Vol. 1). Washington, D.C.

- AOAC. (2003). Métodos de Análisis de la Asociación Oficial de Química Analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Washington, U.S.A.
- AOAC, I. (2005). Official Methods Of Analysis (18 ed.). (D. W. Horwitz, Ed.) USA.
- Araujo Condori , V. A. (2012). Estudio fitoquímico y nutricional de tres variedades de oca (oxalis tuberosa) del distrito de Manta, provincia y departamento de Huancavelica. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú, Huancavelica.
- Badui, D. S. (2013). Química de los Alimentos (Quinta Edición ed.). (M. Contreras, Ed.) México: Pearson.
- Baldeón Aliaga, C. E. (2013). Formulación y evaluación de un alimento Deshidratado dulce a partir de la Mezcla de harinas y Residuos Sólidos de Oca Púrpura (Oxalis tuberosa). Tesis de Pregrado , Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Beltran Sanchez , A. F., & Mera Pilco, J. G. (2014). Elaboración del tubérculo de mashua (tropaeolum tuberosum) procesada en miel y determinación de capacidad antioxidante. tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Brand Williams, W., Marie Elisabeth, C., & Claudette, B. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. (20, Ed.) Food Sci Technol.
- Brennan G, J. (2008). Manual del procesado de los alimentos (Vol. 1). España, Zaragoza : Acribia S.A.
- C.I.P. (2015). Centro Internacional de la Papa. CGIAR, 12.
- Cadima Fuentes , X. (2006). Tubérculos. (B. L. M. Morales R., Ed.) Botánica Económica de los Andes Centrales, 1, 347-369.
- Cajamarca Ruiz, E. E. (2010). Evaluación Nutricional de la Oca (oxalis tuberosa sara-oca) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Cantuta Quispe, D. L. (2016). Efecto de la deshidratación osmótica sobre los

compuestos antioxidantes en dos accesiones de mashua (*Tropaeolum tuberosum* R&P). Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Capilla Perea , P., M. Artigas , J., Pujol, J., & Coords, R. (2002). Fundamentos de la colorimetría. Valencia : U. de Valencia . Recuperado el 11 de 10 de 2019, de [https://puv.uv.es/fundamentos-de-colorimetria.html?\\_\\_store=espanyol&\\_\\_from\\_store=valencia](https://puv.uv.es/fundamentos-de-colorimetria.html?__store=espanyol&__from_store=valencia)

Carrera Zánchez, J. M. (2013). Elaboración, Caracterización y Propuesta de la Compota de Oca (*Oxalis tuberosa*), como alternativa complementaria en la Alimentación del Adultos Mayores. Guayaquil: Publicaciones de la Universidad de Guayaquil.

Castillo Pinto, B. M. (2017). Efecto de fritado en la obtención de chips de oca (*oxalis tuberosa* Mol). Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Castillo Pinto, L. M. (2014). Efecto de fritado en la obtencion de chips de oca (*oxalis tuberosa* Mol). Tesis de pregrado , Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Centeno Castañeda, J. (2012). Métodos determinación de la capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. Tesis de Pregrado , Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Cerrón Mallqui , L. M. (2012). Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo. Tesis de pregrado , Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo .

Cerrón Mallqui, L. M. (2012). Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional, Huancayo. Recuperado el 10 de 2019, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1228/CERRON%20MALQUI%20LUZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chávez Rodríguez , C. M. (2011). Capacidad Antioxidante y Fenoles Totales del zumo de Arándano (*vacciniumcorymboum* l) Procedente de la

región de la Libertad. Trujillo- Perú.

- Chique, V., & Apaza, J. (2018). Síntesis de Actividad Económica . Cusco: BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ.
- Chuchucan Morán , G., Drick Zambrano, A. K., & Peñafiel Ube, J. F. (2012). Implementación y Validación de una metodología Económica para la medición de color aplicada en alimentos. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- CIEDPERU. (2004). Centro de investigación Educación y Desarrollo del Perú. 1, 5.
- Collazos Ch., C., Alvistur J., E., Vásquez G., J., Quiroz M., A., Herrera A., N., Robles G., N., . . . Hernández H., E. (1996). Tablas Peruanas de composición de Alimentos (Séptima ed.). (I. d. Centro Nacional de Control de Calidad, Ed.) Lima: Universidad Nacional Caletano Heredia.
- CONCYTEC. (2021). Informe sobre las causas del elevado número de muertes por la pandemia del COVID-19 en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación , Lima.
- Crespo Relucio, G. M. (2016). Estudio del proceso de cocción en patas "violette" (*solanum tuberosum* var). Tesis de Pregrado , Universidad Politécnica de Valencia., Valencia , España.
- Criado, C., & Moya, M. (2009). Vitaminas y Antioxidantes. Servicios de Medicina Interna y Urgencias. Hospital Puerta de Hierro-Majadahonda. Universidad Autónoma de Madrid, 80.
- Cruzado, M., Pastor, A., Castro, N., & Cédron, J. C. ( enero-marzo de 2013). Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa. (S. Q. Perú, Ed.) Revista de la Sociedad Química del Perú, Vol. 79(1), 57-63.
- Cubero, N., Monferrer, A., & Villalta, J. (2002). Aditivos Alimentarios (Tomo 1 ed.). (M. -p. Libros, Ed.) España.
- Cueva, K., & Groten, U. (2017). Saberes y Prácticas Andinas (Vol. 1). (F. EcoCiencia, Ed.) Ecuador: ECOPAR.
- Cuya Ayala , R. A. (2009). Efecto de secado en bandejas y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* R & P).

Tesis de Maestría, Lima.

- D2244, A. (2016). The difference between true color and perceived color. *Laboratoires Micom inc.*, 1(1), 1 al 5.
- Delmoro , J., Muñoz , D., Nadal , V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (07 de octubre de 2010). El color en los alimentos. Determinación de color en mieles, 145. Recuperado el 31 de 10 de 2019, de [https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_vis=1&q=Delmoro%2C+J.%2C+Mu%C3%B1oz%2C+D.%2C+Nadal%2C+V.%2C+Clementz%2C+A.%2C+Pranzetti%2C+V.%2C+Color%2C+E.+L.%2C+%E2%80%A6+Mieles%2C+E.+N.+%282010%29.+EL+COLOR+EN+LOS+ALiMENTOS+%3A%2C&btnG=](https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=Delmoro%2C+J.%2C+Mu%C3%B1oz%2C+D.%2C+Nadal%2C+V.%2C+Clementz%2C+A.%2C+Pranzetti%2C+V.%2C+Color%2C+E.+L.%2C+%E2%80%A6+Mieles%2C+E.+N.+%282010%29.+EL+COLOR+EN+LOS+ALiMENTOS+%3A%2C&btnG=)
- Díaz , F. J. (2009). Optimización de extracción y análisis de la capacidad antioxidante de la piel de Kiwi. Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya Barcelonatech, Barcelona. Recuperado el 16 de 10 de 2019, de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/7857>
- Díaz Rojas , G. L., Mendoza Llano , E. J., & Vidaurre Ruiz, J. M. (2015). Cinética de la degradación de Betalainas y Fenoles Totales durante la cocción de la quinua (*Chenododium quinoa*). *Ciencia, Tecnología e Innovación VOL2/Nº2,ISSN:2313-1926/Diciembre*, 11.
- E Lewis , C., L Walker, J. R., E Lancaster, J., & H. Sutton, K. (26 de Marzo de 1999). Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *Science of Food and Agriculture*, 128 a 130. Recuperado el 01 de 10 de 2019, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%291097-0010%28199805%2977%3A1%3C45%3A%3AAID-JSFA1%3E3.0.CO%3B2-S>
- E. Tapia, M., & María Fries, A. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos (Vol. 1)*. (C. Rosell, Ed.) Lima: FAO, ANPE.
- Enríquez Benites, M. D., & Mejía Pardo , P. I. (2012). Efecto de la temperatura y velocidad de aire en la capacidad de hidratación, diferencia neta de color y diferencia sensorial de harina precocida de oca variedad flava mediante el método superficie de respuesta. Tesis de pregrado ,

Universidad Nacional de Trujillo , Trujillo.

- Espinosa Manrique , W. E., Garzón Salcedo , L. A., & Medina Vargas , O. J. (8 de febrero de 2016). Validación de una metodología analítica para la cuantificación de polifenoles totales, en proceso de extracción asistida por microondas sobre frutos de la especie colombiana (*vaccinium meridionales*). (C. C. Farm., Ed.) Grupo de Investigación Núcleo, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Boyacá, 45(1)(109-126), 64 - 169.
- FAO. (1996). Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. Oficial Principal de Política Alimentaria y Nutrición, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 8. Obtenido de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro07/Cap3\\_3.htm#Top](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro07/Cap3_3.htm#Top)
- Fennema , O. R., & Tannenbaum, S. R. (2000). Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A.
- Ferreira , R. (1986). Flora del Perú Dicotiledoneas. (EDIMSSA, Ed.) Lima : Imprenta Sudamericana S.A. Obtenido de <https://lima-lima.olx.com.pe/flora-del-peru-dicotiledoneas-ramon-ferreira-talleres-de-editorial-imprenta-sudamericana-lima-peru-1986-iid-975695855>
- Flores Laime, P. (2011). Mejoramiento de la crianza de porcinos para 40 familias en la comunidad de Lliupapuquio, del distrito de San Jerónimo. programa de apoyo a las familias rurales productivas de la sierra (Aliados), Apurímac, Andahuaylas.
- Foca G, M., F, A. A., & Ulrici, A. (2011). Prediction of compositional and sensory characteristics using RGB digital images and multivariate calibration techniques. *Analytica Chimica Acta*. doi:10.1016/j.aca.2011.08.046
- Frankel N., E., & Meyer S, A. (2000). The problems of using one dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17. Recuperado el 19 de 10 de 2019, de <https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-53.pdf>
- García Alonso, M., & Rivas Gonzalo, J. C. (2002). Flavonoides en alimentos

vegetales; estructura y actividad antioxidantes. (A.N.S, Ed.) Nutrición y Bromatología, 9, 38.

García, A. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruit. Food Chemistry.

Gil, H. Á. (2010). Composición y calidad Nutritiva de los alimentos (Segunda edición ed.). Médica Panamericana , Madrid. Recuperado el 16 de 10 de 2019, de <https://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/4244/Tratado-de-Nutricion-rustica.html>

Gimeno, C. E. (3 de Junio de 2004). Compuestos fenólicos Un análisis de su beneficios para la salud. (OFFARM, Ed.) Ámbito farmacéutico Nutrición, 23(6), 5. Recuperado el 13 de 10 de 2019, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13063508>

González Villalva , X. A. (2018). Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (*Solanum tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*). Tesis de Posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador .

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México: Mc Graw-Hill.

H. Barrera, V., G. Tapia , C., & R. Monteros , A. (2004). Raíces y tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Ecuador.

Hermann, M., & Hidalgo , A. O. (2003). Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos (Vol. 1). (P. Meneces, Ed.) Emilse Chuquimia.

Huacho Huamán, C. V. (2014). Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua (*tropaeolum tuberosum* Ruíz y Pavón). Tesis de pos grado , Universidad Agraria la Molina , Lima , LIMA.

Huang , D., Boxin, O., & Prior , L. R. (2005). La química detrás de los ensayos de capacidad antioxidante. Diario de la química agrícola y alimentaria,

- 53(06), 16. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de file:///C:/Users/LIDO/Downloads/2011antioxidantassaysHUANG.pdf
- INIA. (2004). kény rojo. Oca inia 407, 7 (2).
- Juli Mamani, D. M., & Arias Jordan, E. (2011). Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del genero (solanum)de pulpa azul y roja. Tesis de pregrado, Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Konica Minolta . (2003). Entendiendo el espacio del color CIE L A B. Williams Drive Ramsey, NJ, USA.
- Kuskoski , M. E., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para la determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cienc. tecnol. Aliment. campinas, 726 - 732. Recuperado el 10 de 11 de 2019, de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
- Lana M., M., & Tijskens L., M. (2006). Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. Food Chemistry, 97,203.2011.
- León, F, P., J. D, M., & Moyano P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International. doi:10.1016/j.foodres.2006.03.009
- Leyva , D. (2006). determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en licores y frutos de mora. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca. México. Obtenido de [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/10876.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10876.pdf)
- Lezama Guerra, K. S. (2017). Determinación de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del aceite de uva (Vitis vinífera) obtenido con y sin tratamiento enzimatico. Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima. Lima: F.I.A.
- Machado, V. M., & Silva M., P. (2005). Evaluation of texture and color of starches and flours in preparations without gluten. Cienc. Tecnol. Aliment,.
- Magalhaes, L. M., Segundo , M. A., Reis, S., & Lima, J. L. (2008). Aspectos

metodológicos sobre la evaluación in vitro de las propiedades antioxidantes. Portugal: Requite. Recuperado el 11 de 10 de 2019, de <https://translate.google.com/translate?hl=es-419&sl=en&u=https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18374697&prev=search>

MINAGRI. (2018). Producción de tubérculos en la actualidad en la región de Apurímac.

Mixcan Martínez , C. D. (2015). Evaluación de fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*solanum tuberosum* sp.) de la región cusco. tesis pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

Mocada Rodríguez, L. M., & Guadrón Hernández, L. (Diciembre de 2006). Retención de Nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. Revista de la Investigación Universidad la Salle, 6(002), 179 a 187.

Monar bosquez, V. M. (2014). Determinación de la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (*oxalis tuberosa*): bola kamusa y lluchú oqa. Tesis de pregrado , Universidad Tecnológica Equinoccial , Quito, Ecuador .

More Espinosa , P. E. (2014). Aplicación de las técnicas de cocción y métodos de conservación en la época prehispánica y colonial en la gastronomía peruana. Investigación Monográfica , Universidad Privada Alas Peruanas , Piura. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de [https://www.academia.edu/25020667/Aplicaci%C3%B3n\\_de\\_T%C3%A9cnicas\\_de\\_Cocci%C3%B3n\\_y\\_Conservaci%C3%B3n\\_en\\_las\\_%C3%89pocas\\_Prehisp%C3%A1nicas\\_y\\_Colonial\\_en\\_la\\_Gastronom%C3%ADa\\_Peruana](https://www.academia.edu/25020667/Aplicaci%C3%B3n_de_T%C3%A9cnicas_de_Cocci%C3%B3n_y_Conservaci%C3%B3n_en_las_%C3%89pocas_Prehisp%C3%A1nicas_y_Colonial_en_la_Gastronom%C3%ADa_Peruana)

Muller Tito, K. E. (2015). capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre las semillas de chia negra (*salvia nativa*) y chia blanca (*salvia hispánica* L.). Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano , Puno.

Murat Velioglu, H., Hakki Boyaci, I., & Kurultay , S. (2 de julio de 2011).

Determination of visual quality of tomato paste using computerized inspection system and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 77(147 a 154), 147 a 154 . doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.04.007>

- Nación Albino , J. G. (2013). Cinética de degradación de la actividad antioxidante por tratamiento térmico en jugos de naranja y mandarina frente al radical DPPH. Tesis de Pregrado , Universidad Nacional Agraria de la selva , Tingo María.
- Nicoli , M. C., Anese, M., Parpinel, M. T., Franceshi, S., & Lericci, C. R. (19 de Marzo de 1997). Pérdida y / o formación de antioxidantes durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos. *Cartas de Cáncer* , 114(1 y 2 ), 71 - 74. Recuperado el 13 de 10 de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304383597046284?via%3Dihub>
- NRC. (1989). *Lost crops of the Incas*. (N. R. Conuncil., Ed.) EE.UU: National Academy Press. Washintong, DC. Obtenido de <https://www.nap.edu/catalog/1398/lost-crops-of-the-incas-little-known-plants-of-the>
- Núñez Linares , E. (2015). Análisis de la variabilidad genética de las ocas cultivadas (*Oxalis tuberosa* Mol.) en la región Cajamarca. Tesis de pregrado , Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima.
- Olivera Bardales , G. (2014). Capacidad antioxidante de *averrhoa carambola* L. (*carambola* ) frente a sistemas generadores de radicales libres. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Lima.
- Oña Pillajo, E. (2015). determinación de la composición química y capacidad Antioxidante de dos variedades de papas nativas (*solanum tuberosum*): Tuspa y Uvilla en estado fresco y cocido. Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Óre Areche, F. (2015). Determinación de los parámetros adecuados de la deshidratación de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) Mediante lecho fluidizado para la obtención de Harina. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.

- Pacco Chua , W. (2015). Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la Capacidad antioxidante del pureé deshidratado de mashua. Universidad Nacional del Altiplano. Puno: Escuela profesional de ingeniería agroindustrial.
- Patras Pereina , C. A. (2009). sistema de visión computarizada de herramienta del diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE L\*a\*b\*. Agronomía costarricense.
- Paucar Anasi, S. A. (2014). Composición química y capacidad antioxidante de dos variedades mashua (*tropaeolum tuberosum*): amarilla chaucha y zapallo. Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Peñarrieta , J. M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila , L. J., & Bravo , A. J. (31 de Diciembre de 2014). Clasificación de los compuestos Fenólicos presentes en alimentos. *Phenolic Compounds in Food*, 31(2), 15.
- Pérez Zambrano, C. A. (2014). Efecto de la fritura a presión reducida en el contenido de antioxidantes de Mashua (*Tropaelum tuberosum*). Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador .
- Perez Cusiche , L. (2011). Toxicología alimentaria de la Oca. Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín.
- Pérez Jimenez, J. (2017). Efecto de fibra Antioxidante de Uva en status antioxidante y parámetros de riesgo cardiovascular en humanos. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, *Metabolismo y Nutrición*, Madrid.
- PGRI, I. (2001). Descriptores de Oca (*oxalis tuberosa mol*). (I. P. Institute, Ed.) Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Ramos Crispin, R. A. (2011). Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Productos Tradicionales de la reguión Junín "Granadilla, Ginda, Habas, Quiwicha, Oca, Quinoa, Tuna, Tumbo y Yacon". Junín.
- Robles Condori, N. (2016). Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en el Contenido de Vitaminas C y Capacidad Antioxidantes en Zumo de Oca (*oxalis tuberosa Mol*). Tesis de Pregrado , Universidad Nacional

del Altiplano , Puno .

- Rojano , B., Zapata, I. C., & Bernardo, F. C. (Julio de 2012). Estabilidad de antocianinas y valores de capacidad de absorción de radicales oxígeno (ORAC) de extractos acuosos de corozo (*Bactris guineensis*). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13. Recuperado el 02 de 10 de 2019, de <https://www.researchgate.net/publication/287255180>
- Rojas Guerra, N. (2012). Evaluación de fenólicos totales y capacidad antioxidante en la pulpa concentrada de zarzamora (*rubus sp*), en dos estadios de madurez. Tesis de Maestría, Universidad del centro del Perú, Huancayo.
- Ruiz, N., Rincon, F., Hernandez , V., Figueroa , J., & Loarca, G. F. (2008). Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. *Revista fitotecnia Mexicana* , 31.
- Santayana Rivera , M. L. (2018). Efecto del estrés abiótico post - cosecha en las síntesis de metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*). Tesis de Posgrado , Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima .
- Santivañez Esquivel, C. I. (2019). Análisis del sector productivo en el cultivo de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) y el manejo comercial para el incremento de oferta en el mercado local bajo las condiciones de marketing – mix en el Distrito de Comas-Concepción. Tesis de pregrado , Universidad Nacional del centro del Perú , Jauja, Huancayo .
- Santo Y., A. (2018). La teoría del color. Instituto IDAT . Lima: IDAT.
- Santos , E. P. (4 de 09 de 2009). Medición del color. (Zaragoza, Ed.) *Espectrofotómetro: el ojo electrónico*(42), 4. Recuperado el 31 de 10 de 2019, de [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R42\\_A3.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R42_A3.pdf)
- Singleton , V. L., Orthofer, R., & Lamuela Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent (Vol. 299). *Methods Enzymol*.
- SNIP. (2018). Mejoramiento y ampliación del Servicio de Seguridad

- Ciudadana en el distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. municipalidad de San Jerónimo , Andahuaylas .
- Taipe Quispe , L. (2017). Fenoles Totales y Actividad Antioxidante en la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) estado fresco, soleado y cocido de las variedades Amarillo Zapallo y negra. Huancayo: Publicaciones de la universidad del centro del Perú.
- Torres Alcántara , Y. S., & Vidaurre Ruiz , J. M. (2015). Cinética de la degradación de compuestos fenoles y antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*vaccium corymbosum* L.). Ciencia, Tecnología e Innovación VOL2/Nº1,ISSN:2313.1926/Diciembre, 7.
- Ugartondo , C. V. (2009). Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Recuperado el 16 de 10 de 2019, de [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41765/1/00.VUC\\_PREVIO.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41765/1/00.VUC_PREVIO.pdf)
- Valdivieso, M. B. (2008). Producción Orgánica de cultivos andinos . Perú: Fiat Panis FAO.
- Velázquez , P. M., Prieto , G. B., & Contreras , P. R. (2004). El envejecimiento y los radicales libres .
- Venero Gutiérrez, J. R. (2002). Daños oxidativos, radicales libres y antioxidantes. Rev Cubana Med Milit, 31, 8. Recuperado el 3 de 10 de 2019, de <http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v31n2/mil09202.pdf>
- Waterhouse , L. A., & Laurie, F. V. (2002). Wine Phenolics. Ann N Y Acad Sci. Oxidation of Wine Phenolics:A Critical Evaluation and Hypotheses, 10. Recuperado el 16 de 10 de 2019, de <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.2002.tb02903.x>
- Yabar , E., Chirinos , R., & Campos, D. (17 de Marzo de 2019). Compuestos Fenólicos y la capacidad antioxidante en tres ecotipos de maca (*lepidium meyenii* Walp) durante la pre- cosecha, cosecha y secado natural post- cosecha. Scientia Agropecuaria, 1(10), 13. Obtenido de

<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Zamora S., J. D. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. (ISSN, Ed.) Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 34, 23. Recuperado el 6 de 10 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/237035102\\_Antioxidantes\\_micronutrientes\\_en\\_lucha\\_por\\_la\\_salud](https://www.researchgate.net/publication/237035102_Antioxidantes_micronutrientes_en_lucha_por_la_salud)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Generales							
¿Cuál es el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?	Evaluar el color, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	El color, contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante varía significativamente en el tubérculo de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones (fresco, soleado y cocción) en los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Independientes: Oca Fresca Oca soleada Oca en cocción ecotipos de Yana oqa y Uma huaculla Dependientes: Contenido de Color Contenido de compuestos fenólicos Contenido de la capacidad antioxidante	Ecotipos de Tubérculos de Oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> )  Se determina las propiedades de los dos ecotipos de oca	Tubérculo de Oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ),	Recolección	Observación
Específicos							
¿Cuál es el color, en oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones frescas, soleadas y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Evaluar del color de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Los datos del color varían significativamente de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones (fresco, soleado y cocción) en los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Color		L* brillo a* intensidad de color verde y rojo b* intensidad de color azul y amarillo	Colorimetría	Colorímetro CR400
¿Cuál es el contenido de compuestos fenólicos en oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones frescas, soleadas y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?	Evaluar el contenido de compuestos fenólicos de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones (fresco, soleado y cocción) de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	El contenido de compuestos fenólicos varía significativamente de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción en los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Compuestos Fenólicos		Miligramos de á. Gálico (AGE) por cada 100 g de muestra de tubérculo.	Espectrofotometría	Espectrofotómetro UV- visible
¿Cuál es la capacidad antioxidante en oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones frescas, soleadas y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla?	Determinar la capacidad antioxidante de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción de los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	El nivel de la capacidad antioxidante varía significativamente de oca ( <i>Oxalis tuberosa Mol</i> ), en condiciones de fresco, soleado y cocción en los ecotipos Yana oqa y Uma huaculla	Capacidad antioxidante		µg Eq* Trolox / g por muestra de tubérculo	Espectrofotometría	Espectrofotómetro UV- visible

**ANEXO 2: Resultados de la humedad en los tubérculos**

tubérculos	Condi ones	muestra bh	pms (g)	% %	% humedad	$\bar{X}$	$\pm$	S
Yana oqa (Wasquiño)	fresco	1.483	0.35	100	76.53	76.6	$\pm$	0.8
	fresco	1.469	0.35	100	75.90			
	fresco	1.465	0.33	100	77.47			
	soleado	1.436	0.33	100	77.02	70.6	$\pm$	5.6
		1.309	0.43	100	67.23			
		1.319	0.43	100	67.55			
	cocción	1.476	0.34	100	76.63	75.4	$\pm$	2.5
		1.453	0.40	100	72.47			
		1.463	0.34	100	76.97			
Uma huaculla (poroto)	fresco	1.436	0.39	100	72.84	76.9	$\pm$	3.5
	fresco	1.436	0.30	100	79.25			
	fresco	1.446	0.31	100	78.63			
	soleado	1.337	0.29	100	78.23	71.4	$\pm$	7.0
		1.343	0.48	100	64.26			
		1.349	0.38	100	71.68			
	cocción	1.436	0.43	100	69.78	75.1	$\pm$	5.5
		1.436	0.28	100	80.71			
		1.436	0.36	100	74.93			

**ANEXO 3: Resultados de las coordenadas L\*a\*b\***

Ecotipo	Coordenadas de color L* a* b*									Tonalidad de color Cr			
	L*	$\bar{X}$	$\pm$	s	a*	$\bar{X}$	$\pm$	s	b*		$\bar{X}$	$\pm$	s
Yana oqa fresca	R1	23.8				15.8			2.45				15.98
	R2	23.9	23.8		3.1	15.1	16.4		1.7	4.15	2.9		15.62
	R3	23.8		$\pm$		18.2		$\pm$		2.13		$\pm$	18.34
Yana oqa soleado	R1	30.1				28.0			7.25				28.91
	R2	29.5	27.4		10.0	22.5	22.8		5.0	6.04	5.6		23.34
	R3	22.6		$\pm$		18.0		$\pm$		3.5		$\pm$	18.33
Yana oqa cocción	R1	46.1				18.1			1.12				18.11
	R2	43.1	40.7		6.9	17.4	16.9		1.6	1.29	1.6		17.45
	R3	33		$\pm$		15.1		$\pm$		2.36		$\pm$	15.28
Uma huaculla fresca	R1	32.6				12.8			13.4				18.50
	R2	29.8	32.0		5.2	19.0	15.8		3.1	7.88	8.4		20.53
	R3	33.6		$\pm$		15.8		$\pm$		4.1		$\pm$	16.32
Uma huaculla soleada	R1	41.9				33.5			15.3				36.86
	R2	39	37.9		14.6	28.8	29.7		3.5	13.6	13.6		31.83
	R3	32.9		$\pm$		26.8		$\pm$		11.8		$\pm$	29.29
Uma huaculla cocción	R1	66.2				10.3			1.56				10.44
	R2	75.3 $\pm$	68.5		6.0	15.0	12.8		2.4	2.24	2.1		15.20
	R3	64		$\pm$		13.1		$\pm$		2.64		$\pm$	13.38

#### **ANEXO 4:** Análisis de Varianza ANOVA para Luminosidad L\* Yana oqa

Tabla ANOVA para Luminosidad por Condiciones

<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	474.816	2	237.408	1907.74	0.0000
Intra grupos	0.746667	6	0.124444		
Total (Corr.)	475.562	8			

el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Luminosidad entre un nivel de Condiciones, con un nivel del 95.0% de confianza.

#### **ANEXO 5:** Pruebas de Múltiple Rangos para L\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Fresco	3	23.8	X
Soleado	3	27.4333	X
Cocción	3	40.7	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	16.9	0.883771
Cocción - Soleado	*	13.2667	0.883771
Fresco - Soleado	*	-3.63333	0.883771

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

## **ANEXO 6:** Análisis de Varianza ANOVA para L\* Uma huaculla

Tabla ANOVA para Luminosidad por Condiciones

<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	2312.38	2	1156.19	3770.18	0.0000
Intra grupos	1.84	6	0.306667		
Total (Corr.)	2314.22	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Luminosidad entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

## **ANEXO 7:** Pruebas de Múltiple Rangos para L\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Fresco	3	31.9667	X
Soleado	3	37.8667	X
Cocción	3	68.5333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	36.5667	1.38735
Cocción - Soleado	*	30.6667	1.38735
Fresco - Soleado	*	-5.9	1.38735

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 8: Análisis de Varianza ANOVA para Cromo a\* Yana oqa

Tabla ANOVA para Cromo a\* por Condiciones

<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	76.3822	2	38.1911	373.61	0.0000
Intra grupos	0.613333	6	0.102222		
Total (Corr.)	76.9956	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Cromo a\* entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 9: Pruebas de Múltiple Rangos para Cromo a\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Fresco	3	16.4333	X
Cocción	3	16.9	X
Soleado	3	22.8333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco		0.466667	0.800985
Cocción - Soleado	*	-5.93333	0.800985
Fresco - Soleado	*	-6.4	0.800985

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 10: Análisis de Varianza ANOVA para Cromo a\* Uma huaculla

Tabla ANOVA para Cromo a\* por Condiciones

<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	487.82	2	243.91	8130.33	0.0000
Intra grupos	0.18	6	0.03		
Total (Corr.)	488.0	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Cromo a\* entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 11: Pruebas de Múltiple Rangos para Cromo a\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cocción	3	12.8	X
Fresco	3	15.8	X
Soleado	3	29.7	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	-3.0	0.433923
Cocción - Soleado	*	-16.9	0.433923
Fresco - Soleado	*	-13.9	0.433923

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 12:** Análisis de Varianza ANOVA para Cromo b\* Yana oqa

Tabla ANOVA para Cromo b\* por Condiciones

<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	25.3356	2	12.6678	300.03	0.0000
Intra grupos	0.253333	6	0.0422222		
Total (Corr.)	25.5889	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Cromo b\* entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 13:** Pruebas de Múltiple Rangos para Cromo b\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cocción	3	1.6	X
Fresco	3	2.93333	X
Soleado	3	5.63333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	-1.33333	0.514781
Cocción - Soleado	*	-4.03333	0.514781
Fresco - Soleado	*	-2.7	0.514781

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 14:** Análisis de Varianza ANOVA para Cromo b\* Uma huaculla

Tabla ANOVA para Cromo b\* por Condiciones

<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	196.616	2	98.3078	589.85	0.0000
Intra grupos	1.0	6	0.166667		
Total (Corr.)	197.616	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Cromo b\* entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 15:** Pruebas de Múltiple Rangos para Cromo b\* por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cocción	3	2.13333	X
Fresco	3	8.36667	X
Soleado	3	13.5667	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	-6.23333	1.02277
Cocción - Soleado	*	-11.4333	1.02277
Fresco - Soleado	*	-5.2	1.02277

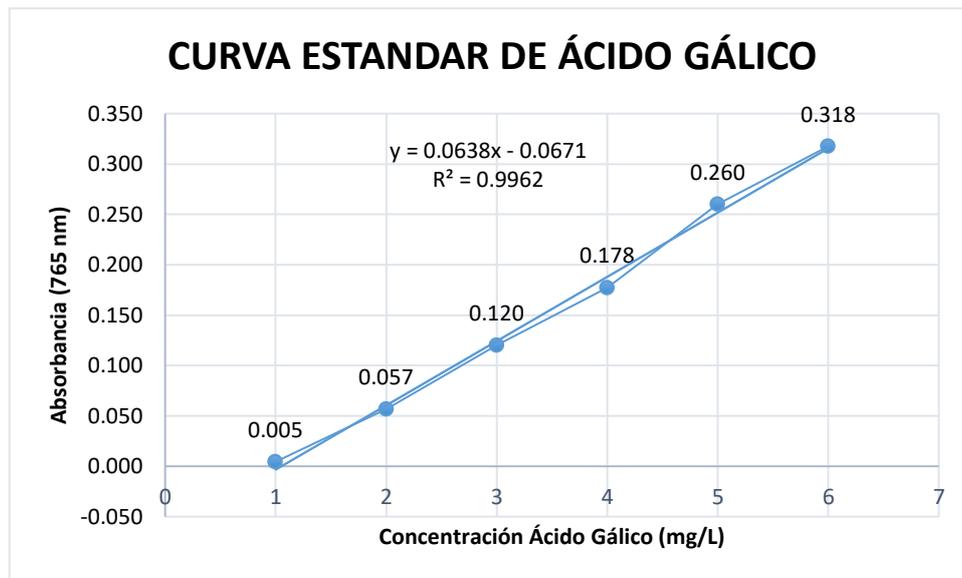
\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 16:** Cálculo de los resultados de Compuestos Fenólicos totales de los tubérculos de oca de los dos ecotipos en condiciones de fresco soleado y cocción.

tubérculos	condiciones	Abs muestras	a= 0.0638	b= - 0.0671	Y	1ml de extracto en 10 ml de metanol)	V ml metanol al 80 %	peso(g)	C.F.T en (mq AGE/100g de muestras	$\bar{X}$	$\pm$	S
Yana Oqa (Wasquiño)	fresca	1.891	0.064	0.0671	0.1877458	11	10	1.012	2040.715	2037.5	$\pm$	4.458
		1.889	0.064	0.0671	0.1876182	11	10	1.012	2039.328			
		1.879	0.064	0.0671	0.1869802	11	10	1.012	2032.393			
	soleada	1.998	0.064	0.0671	0.1945724	11	10	1.011	2117.009	2114.7	$\pm$	3.424
		1.989	0.064	0.0671	0.1939982	11	10	1.011	2110.762			
		1.997	0.064	0.0671	0.1945086	11	10	1.011	2116.315			
	cocción	0.449	0.064	0.0671	0.0957462	11	10	1.012	1040.720	1039.1	$\pm$	2.803
		0.442	0.064	0.0671	0.0952996	11	10	1.012	1035.865			
		0.449	0.064	0.0671	0.0957462	11	10	1.012	1040.720			
Uma huaculla (Poroto)	fresca	1.689	0.064	0.0671	0.1748582	11	10	1.011	1902.513	1905.1	$\pm$	3.280
		1.691	0.064	0.0671	0.1749858	11	10	1.011	1903.901			
		1.698	0.064	0.0671	0.1754324	11	10	1.011	1908.760			
	soleada	1.789	0.064	0.0671	0.1812382	11	10	1.001	1991.629	1990.5	$\pm$	6.045
		1.778	0.064	0.0671	0.1805364	11	10	1.001	1983.916			
		1.795	0.064	0.0671	0.181621	11	10	1.001	1995.835			
	cocción	0.071	0.064	0.0671	0.0716298	11	10	1.011	779.355	781.7 $\pm$		2.438
		0.078	0.064	0.0671	0.0720764	11	10	1.011	784.214			
		0.074	0.064	0.0671	0.0718212	11	10	1.011	781.437			

**ANEXO 17:** Gráfico de curvas estándar de calibración de ácido gálico para la determinación de compuestos fenoles



**ANEXO 18:** Análisis de Varianza para CFT (mg AGE/100g bh) para Yana oqa en diferentes condiciones

Tabla ANOVA para C. Fenólicos por Condiciones

<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	2.15962E6	2	1.07981E6	82094.68	0.0000
Intra grupos	78.9194	6	13.1532		
Total (Corr.)	2.1597E6	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de C. Fenólicos entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 19: Pruebas de Múltiple Rangos para C. Fenólicos por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Condiciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cocción	3	1039.1	X
Fresco	3	2037.48	X
Soleado	3	2114.7	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cocción - Fresco	*	-998.377	9.0859
Cocción - Soleado	*	-1075.59	9.0859
Fresco - Soleado	*	-77.2167	9.0859

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

### ANEXO 20: Análisis de Varianza para CFT (mg AGE/100g b.h.) para Uma huaculla en diferentes condiciones

Tabla ANOVA para C. Fenólicos por Condiciones

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.73047E6	2	1.36524E6	76924.11	0.0000
Intra grupos	106.487	6	17.7478		
Total (Corr.)	2.73058E6	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de C. Fenólicos entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

## **ANEXO 21:** Pruebas de Múltiple Rangos para C. Fenólicos por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cocción	3	781.669	X
Fresco	3	1905.06	X
Soleado	3	1990.46	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	-1123.39	10.5542
Cocción - Soleado	*	-1208.79	10.5542
Fresco - Soleado	*	-85.402	10.5542

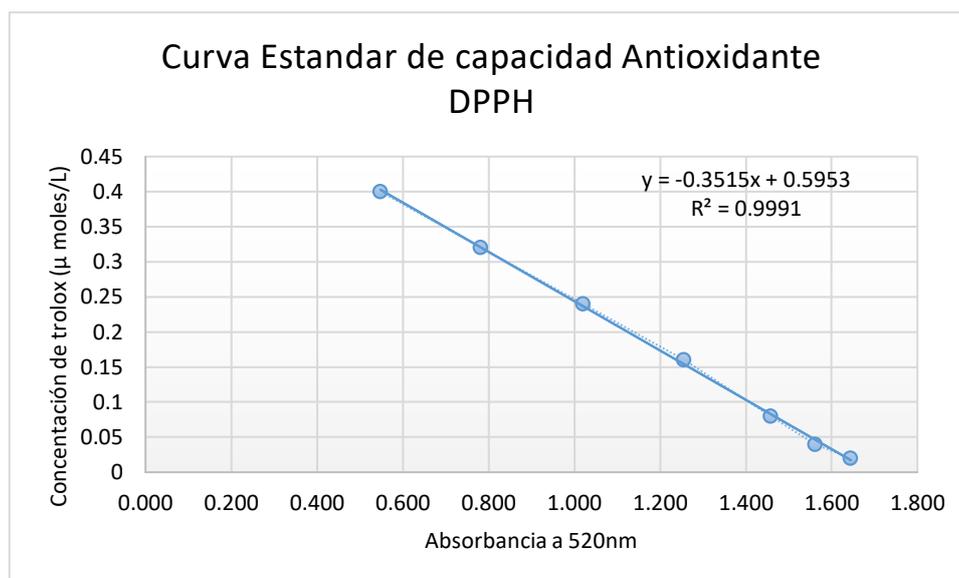
\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 22:** Cálculo de los resultados de la Capacidad antioxidante de los tubérculos de ocas de los dos ecotipos en condiciones de fresco, soleado y cocción.

ecotipo	condiciones	Abs de la solución DPPH	Abs del blanco	Abs de la muestra	$\Delta$ DPPH (Abs blanco- Abs muestra)	bx (curba de calibración)	$bx = (-0.3515) \Delta$ DPPH $+0.5953$		ml del extracto	$\mu$ g de trolox	peso de la muestra (g)	DF (1ml de extracto en 10 ml de metanol)	Capacidad Antioxidante ( $\mu$ g Eq* Trolox /g muestra)	$\bar{X}$	$\pm$	S
Yana oqa (huasquiño)	fresca	1.801	1.662	0.295	1.367	1.07580	0.3515	0.5953	25	0.25	1.013	11	73.012	73.1	$\pm$	0.1
		1.801	1.662	0.285	1.377	1.07932	0.3515	0.5953	25	0.25	1.013	11	73.251			
		1.801	1.662	0.292	1.370	1.07686	0.3515	0.5953	25	0.25	1.013	11	73.084			
	soleada	1.801	1.662	0.107	1.555	1.14188	0.3515	0.5953	25	0.25	1.010	11	77.727	77.6	$\pm$	0.2
		1.801	1.662	0.104	1.558	1.14294	0.3515	0.5953	25	0.25	1.010	11	77.799			
		1.801	1.662	0.120	1.542	1.13731	0.3515	0.5953	25	0.25	1.010	11	77.416			
	cocción	1.801	1.662	0.395	1.267	1.04065	0.3515	0.5953	25	0.25	1.014	11	70.557	70.6	$\pm$	0.1
		1.801	1.662	0.386	1.276	1.04381	0.3515	0.5953	25	0.25	1.014	11	70.771			
		1.801	1.662	0.398	1.264	1.03960	0.3515	0.5953	25	0.25	1.014	11	70.485			
Uma huaculla (poroto)	fresca	1.801	1.662	0.387	1.275	1.04346	0.3515	0.5953	25	0.25	1.012	11	70.887	71.1	$\pm$	0.6
		1.801	1.662	0.347	1.315	1.05752	0.3515	0.5953	25	0.25	1.012	11	71.843			
		1.801	1.662	0.397	1.265	1.03995	0.3515	0.5953	25	0.25	1.012	11	70.649			
	soleada	1.801	1.662	0.289	1.373	1.07791	0.3515	0.5953	25	0.25	1.015	11	73.011	73.2	$\pm$	0.2
		1.801	1.662	0.273	1.389	1.08353	0.3515	0.5953	25	0.25	1.015	11	73.392			
		1.801	1.662	0.276	1.386	1.08248	0.3515	0.5953	25	0.25	1.015	11	73.321			
	cocción	1.801	1.662	0.322	1.340	1.06631	0.3515	0.5953	25	0.25	1.080	11	67.879	67.5	$\pm$	1.0
		1.801	1.662	0.390	1.272	1.04241	0.3515	0.5953	25	0.25	1.080	11	66.357			
		1.801	1.662	0.311	1.351	1.07018	0.3515	0.5953	25	0.25	1.080	11	68.125			

**ANEXO 23:** Gráfico de curvas estándar de calibración de Trolox para la determinación capacidad antioxidante.



**ANEXO 24:** Análisis de Varianza para Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox /g bh}$ ) para Yana oqa en diferentes condiciones

Tabla ANOVA para C. Antioxidante por Condiciones

<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	76.4466	2	38.2233	1459.02	0.0000
Intra grupos	0.157188	6	0.026198		
Total (Corr.)	76.6038	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de C. Antioxidante entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 25:** Pruebas de Múltiple Rangos para C. Antioxidante por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Condiciones	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cocción	3	70.6043	X
Fresco	3	73.1157	X
Soleado	3	77.6473	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cocción - Fresco	*	-2.51133	0.405495
Cocción - Soleado	*	-7.043	0.405495
Fresco - Soleado	*	-4.53167	0.405495

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 26:** Análisis de Varianza para Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Eq}^*\text{Troxlox/g bh}$ ) para Yana oqa en diferentes condiciones

Tabla ANOVA para C. Antioxidante por Condiciones

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	51.4588	2	25.7294	56.86	0.0001
Intra grupos	2.71511	6	0.452519		
Total (Corr.)	54.1739	8			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de C. Antioxidante entre un nivel de Condiciones y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 27:** Pruebas de Múltiple Rangos para C. Antioxidante por Condiciones

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Condiciones</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cocción	3	67.4537	X
Fresco	3	71.1263	X
Soleado	3	73.2413	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cocción - Fresco	*	-3.67267	1.68527
Cocción - Soleado	*	-5.78767	1.68527
Fresco - Soleado	*	-2.115	1.68527

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

**ANEXO 28:** Imágenes de oca ecotipo Yana oqa



IMAGEN 1: Planta de oca ecotipo Yana oqa



IMAGEN 2: Tubérculos de oca ecotipo Yana oqa.



IMAGEN 6: Desinfección de oca ecotipo Yana oqa



IMAGEN 3: Oreado de oca ecotipo Yana oqa

**ANEXO 29:** Imágenes de oca ecotipo Uma huaculla.



IMAGEN 4: Planta de oca ecotipo Uma huaculla



IMAGEN 5: Tubérculos de oca ecotipo Uma huaculla



IMAGEN 6: Desinfección de oca ecotipo Uma huaculla



IMAGEN 6: Oreado de oca ecotipo Uma huaculla



IMAGEN 7: Cocción de los dos ecotipos de oca



IMAGEN 8: ocas cocinadas ecotipo Yana oqa



IMAGEN 8: ocas cocinadas ecotipo Uma huaculla

**ANEXO 30:** Imágenes de la parte experimental de evaluación de color



IMAGEN 7: Colorímetro KONICA MINOLTA módelo CR-400.



IMAGEN 8: Cortes para evaluación de color en fresco



IMAGEN 8: Cortes para evaluación de color en soleado



IMAGEN 8: Cortes para evaluación de color en cocción

**ANEXO 31:** Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la oca



IMAGEN 10: Espectro fotómetro Uv/Vis PG Instrument T80

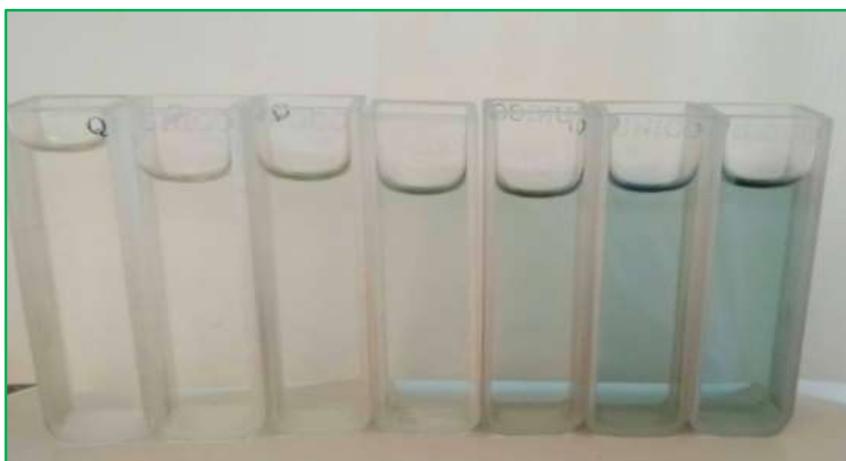


IMAGEN 12: Curva de calibración para Compuestos fenólicos



IMAGEN 12: Triturado de las muestras de los dos ecotipos



IMAGEN 12: Muestras acondicionadas para congelación a (-20°C)

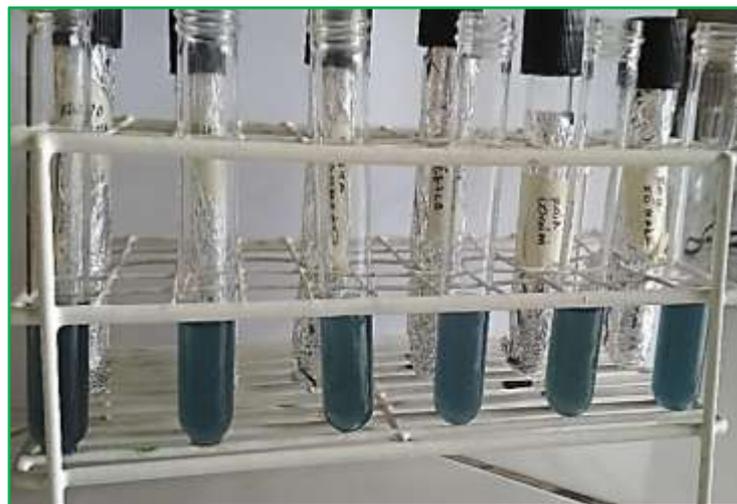


IMAGEN 12: Evaluación de compuestos fenolicos

**ANEXO 32:** Imágenes de la parte experimental de compuestos fenólicos de la oca



IMAGEN 12: Curva de calibración para capacidad antioxidante



IMAGEN 23: Acondicionamiento de muestras de los dos ecotipos



IMAGEN 23: Determinación de antioxidantes de los dos ecotipos de oca