

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS, BIOQUÍMICAS Y  
BIOTECNOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA**



**“EVALUACIÓN DE FENOLES TOTALES, ANTOCIANINAS TOTALES Y  
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DIEZ CLONES MEJORADOS DE  
PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum* sp.) DE LA REGIÓN CUSCO.”**

**TESIS PRESENTADA POR LA BACHILLER:**

CRISTAL DANA E MIXCAN MARTINEZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO BIOTECNÓLOGO

**ASESORES:**

PH.D. JAIME CÁRDENAS GARCÍA

ING. LADISLAO PALOMINO FLORES

**Arequipa- Perú**

**2015**

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible gracias al apoyo de mis familiares, amigos y asesores.

Gracias a mi Padre que me alentó día a día para culminar este proyecto, sin ti papá, no lo hubiera hecho.

A mis hermanos Dayana, Dayson y Jordan que al hablarles con mucho ánimo y ahínco de mi carrera y del proyecto se mostraban inquietos de conocimiento.

A todos mis amigos que al escuchar o leer el nombre “papita nativa”, se acordaban de mí, gracias amigos por mostrar su interés por la ciencia y la hermosa variedad genética y morfológica de esta vida.

Gracias al Ingeniero Ladislao Palomino por apoyarme desde el inicio hasta el final del proyecto, usted jamás dudó de mis capacidades y conocimientos, muchas gracias por todo el apoyo brindado.

Y como no, agradecer al Doctor Jaime Cárdenas, sin usted esto tampoco hubiera sido posible, gracias por aquellas horas de concentración y lectura acerca del tema, usted erradicó muchas incertidumbres de mi ser, ¡usted es un gran maestro!

Por último pero no menos importante, a mi alma *máter*, Universidad Católica de Santa María, por compartir sus aulas y laboratorios, en tus espacios pude visualizar, sentir y admirar conocimientos y cultura, tanto como bromas y empatías, con mis compañeros, amigos y profesores.

Mamita querida y amada abuela este es un primer proyecto dedicado a ustedes, pero no será el último.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	01
<b>OBJETIVOS</b>	03
<b>HIPÓTESIS</b>	04

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1.	PAPA NATIVA ( <i>Solanum tuberosum</i> sp)	05
1.1.1.	Origen e historia	05
1.1.2.	Características morfológicas de la papa	06
1.1.3.	Conservación y mejoramiento genético	07
1.1.4.	Propiedades	07
1.2.	RADICALES LIBRES	09
1.2.1.	La producción de radicales libres en el cuerpo humano	09
1.2.2.	Los radicales libres en la biología	10
1.2.3.	Concepto de estrés oxidativo	11
1.2.4.	El estrés oxidativo y enfermedades humanas	12
1.2.5.	Radicales libres y el envejecimiento	14
1.3.	ANTIOXIDANTES	14
1.3.1.	Historia	14
1.3.2.	Los mecanismos para neutralizar a los radicales libres	15
1.3.3.	Las plantas como fuente de antioxidantes	15
1.4.	COMPUESTOS FENÓLICOS	16
1.4.1.	Rutas en la biosíntesis de compuestos fenólicos	17
1.4.2.	Propiedades biomédicas	19
1.4.3.	Actividad antioxidante	19
1.5.	ANTOCIANINAS	20

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.	LUGAR DE INVESTIGACIÓN	22
2.2.	MATERIALES	22
	2.2.1. Material vegetal	22
	2.2.2. Material de laboratorio	22
2.3	MÉTODOS	25
	2.3.1. Obtención y almacenamiento de las muestras	26
	2.3.2. Preparación de la muestra	26
	2.3.3. Determinación de la humedad y materia seca	27
	2.3.4. Preparación de extracto para la determinación de compuestos fenólicos totales y determinación de la capacidad antioxidante	27
	2.3.5. Determinación de compuestos fenólicos totales	28
	a) Preparación de la curva estándar	28
	b) Ensayo con los extractos etanólicos	29
	2.3.6. Cuantificación del total de antocianinas totales por el método pH diferencial	30
	a) Extracción de la antocianina	30
	b) Purificación de la antocianina	31
	c) Determinación de la concentración	32
	2.3.7. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS- TEAC	32
	a) Activación del ABTS	34
	b) Preparación del gráfico estándar	34
	c) Preparación de las soluciones de trabajo	35
	d) Preparación de la solución madre	35

	e) Determinación de la capacidad antioxidante de las soluciones stock de trolox y de las muestras	36
2.3.8.	Determinación de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC	36
	a) Reactivos a preparar	37
	b) Curva de calibración	38
	c) Preparación de muestras	38
2.3.9.	Análisis estadístico	39

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

3.1.	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD Y MATERIA SECA	40
3.2.	DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES POR EL MÉTODO DE FOLIN CIOCALTEAU	42
3.3.	EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS	45
3.4.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS-TEAC (ABTS – CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN TROLOX EQUIVALENTE	48
3.5.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO CUPRAC ( <i>Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity</i> ).....	53
3.6.	RELACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE CON FENOLES TOTALES Y ANTOCIANAS MONOMÉRICAS TOTALES	57
3.6.1.	Relación de la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con fenoles totales.	57

3.6.2.	Relación de la capacidad antioxidante por el CUPRAC con fenoles totales.	59
3.6.3.	Relación de la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con antocianinas monoméricas totales.	61
	<b>CONCLUSIONES</b>	64
	<b>RECOMENDACIONES</b>	66
	<b>REFERENCIAS</b>	67
	<b>ANEXOS</b>	72



### LISTA DE TABLAS

Tabla N°01.	Esquema del procedimiento por el método CUPRAC.	39
Tabla N°02.	Concentraciones de %MS en 10 clones de papa nativa.	41
Tabla N°03.	Concentraciones de la curva estándar del ácido Gálico.	42
Tabla N°04.	Concentración de FT, mg GAE/100g de muestras crudas y cocidas.	43
Tabla N°05.	Análisis Estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de fenoles totales de muestras cocidas y sin cocer de papa nativa.	44
Tabla N°06.	Comparando los resultados con antecedentes de estudios en diferentes frutas y tubérculo.	45
Tabla N°07.	Concentración de antocianinas monoméricas en mg C3G/ 100g de papas crudas y cocidas.	46
Tabla N°08.	Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de antocianinas monoméricas, de muestras cocidas y no cocidas de papa nativa.	47
Tabla N°09.	Comparando los resultados con antecedentes de estudios en diferentes frutas y tubérculos.	48

Tabla N°10	Una de las tres tablas para la gráfica estándar de Trolox.	49
Tabla N°11	Concentraciones de la curva estándar de Trolox.	50
Tabla N°12	Concentración de capacidad antioxidante en $\mu\text{molTE}/ 100\text{g}$ de muestras cocidas (C) y no cocidas (NC).	51
Tabla N°13	Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC, de muestras cocidas y no cocidas de papa nativa.	52
Tabla N°14	Comparando los resultados con antecedentes de estudios en papa Bolivia y quinua.	53
Tabla N°15	Concentraciones de la gráfica estándar del ácido Ascórbico.	54
Tabla N°16	Concentración de capacidad antioxidante $\mu\text{molAA}/ 100\text{g}$ de muestras cocidas (C) y no cocidas (NC).	55
Tabla N°17	Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC, de muestras cocidas y no cocidas de papa nativa.	56
Tabla N°18	Comparando los resultados con antecedentes de estudios frutas procedente de Brasil.	57

## LISTA DE FIGURAS

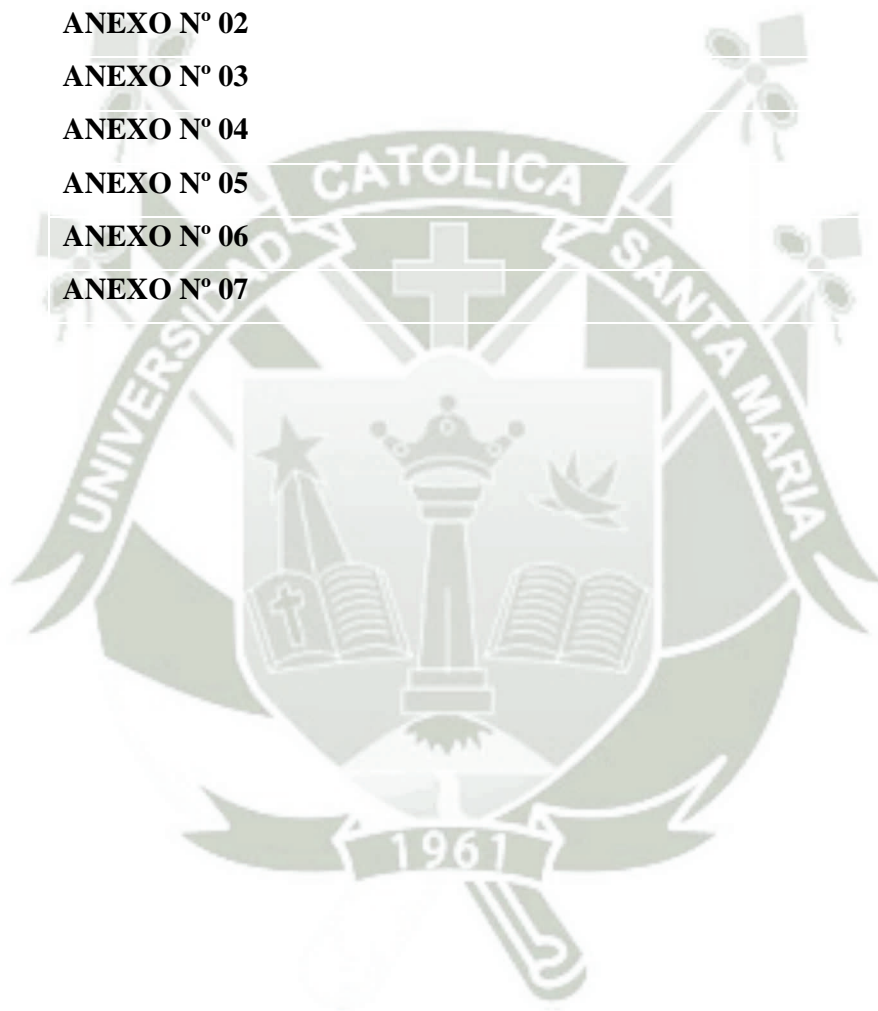
Figura N°01	Papas nativas moradas.	06
Figura N°02	Teoría del envejecimiento oxi-inflamatorio.	13
Figura N°03	Ruta de síntesis de compuestos fenólicos.	17
Figura N°04	Ruta del ácido Shikímico y otros precursores.	18
Figura N°05	Estructura de Cianidina.	21
Figura N°06	Estructura de Cianidina-3-glucósido.	21
Figura N°07	Selección de los clones mejorados en INIA-Cusco.	25
Figura N°08	Muestras almacenadas en bolsas de papel.	25
Figura N°09	Diagrama de flujo de la preparación de muestras.	26
Figura N°10	Muestras en la estufa.	27
Figura N°11	Extractos etanólicos antes de las 24 horas.	28
Figura N°12	Muestras en tubos Falcon después de la maceración y tratamiento de extractos etanólicos	28
Figura N°13	Fiolas con diferentes concentraciones de ácido Gálico, antes de ser leídas al espectrofotómetro	29
Figura N°14	Extracción de antocianinas monoméricas.	31
Figura N°15	Concentración de la antocianinas en rotavapor Buchi II.	31
Figura N°16	Reacción del radical ABTS con Trolox.	33
Figura N°17	Fiolas con diferentes concentraciones de Trolox.	35
Figura N°18	Reacción de CUPRAC con Neocuproína.	36

Figura N°19	Fiolas con diferentes concentraciones de ácido Ascórbico.	38
Figura N°20	Comparación del porcentaje de humedad en diez clones no cocidos y diez clones cocidos de papa nativa.	40
Figura N°21	Representación gráfica de la curva estándar de ácido Gálico.	41
Figura N°22	Comparación de fenoles totales en mg de GAE/ 100 g en diez clones crudos y diez clones cocidos de papa nativa.	42
Figura N°23	Comparación de antocianinas monoméricas en mgC3G/ 100 g en 10 clones crudos y 10 clones cocidos de papa nativa.	45
Figura N°24	Representación gráfica de la curva estándar de Trolox.	48
Figura N°25	Representación gráfica de la curva estándar de Trolox.	49
Figura N°26	Comparación de capacidad antioxidante en $\mu\text{mol TE}/ 100 \text{ g}$ en diez clones sin cocer y diez clones cocidos de papa nativa.	50
Figura N°27	Representación gráfica de la curva estándar de ácido Ascórbico.	53
Figura N°28	Comparación de capacidad antioxidante por el método de CUPRAC en $\mu\text{mol de ácido Ascórbico}/ 100 \text{ g}$ en diez clones no cocidos y 10 clones cocidos de papa nativa.	54

Figura N°29	Correlación entre la capacidad antioxidante en $\mu\text{mol TE}/ 100 \text{ g}$ por método ABTS-TEAC y fenoles totales en $\text{mg GAE}/100\text{g}$ papa no cocida	57
Figura N°30	Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y fenoles totales en papa cocida.	58
Figura N°31	Correlación entre la capacidad antioxidante total por método CUPRAC y fenoles totales en papa no cocida.	59
Figura N°32	Correlación entre la capacidad antioxidante total por método CUPRAC y fenoles totales en papa cocida.	60
Figura N°33	Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y antocianinas totales monoméricas en papa no cocida.	61
Figura N°34	Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y antocianinas monoméricas totales en papa cocida.	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO N° 01</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO N° 02</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO N° 03</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO N° 04</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO N° 05</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO N° 06</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO N° 07</b>	<b>87</b>



## ABREVIATURAS

INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
ROS	Especies Reactivas de Oxígeno
RL	Radicales Libres
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
ABTS	ácido-2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)
A.O.A.C	Métodos Oficiales de Análisis
TEAC	Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox
CUPRAC	Copper reducing antioxidant capacity
FT	Fenoles Totales
AM	Antocianinas Monoméricas
CAH	Capacidad Antioxidante Hidrofílica
CA	Capacidad Antioxidante
AA	Equivalente a Ácido Ascórbico
GAE	Equivalente a Ácido Gálico
TE	Trolox Equivalente
AM	Antocianina Monomérica
MS	Materia Seca
NC	No Cocida
C	Cocida
BS	Base Seca
BF	Base Fresca



## RESUMEN

En la presente investigación se trabajó con diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum*), procedentes del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Andenes Cusco), de la región Cusco.

Los ensayos fueron realizados con los diez clones mejorados crudos y diez clones mejorados cocidos, se determinó fenoles totales (FT), antocianinas monoméricas (AM), determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC y por el método CUPRAC.

Se reportó que la cantidad de fenoles totales (FT) realizados por el método de Folin-Ciocalteu oscilaron entre “8.00 mgGAE/100g en el clon Morado 204 a 33.24 mgGAE/100g en el clon 51114.27” ambas para muestras crudas, y de “19.87 mgGAE/100g en el clon Morado 204 a 44.23 mgGAE/100g en el clon 51114.27” ambas para muestras cocidas.

El análisis para antocianinas monoméricas (AM) por el método de pH diferencial mostró resultados entre “2.36 mgC3G/100g en el clon 511188.31 a 38.77

mgC3G/100g en el clon 51114.27” ambas para muestras cocidas, y de “5.11 mgC3G/100g en el clon Morado 204 a 55.03 mgC3G/100g en el clon 51120.43”, estas dos últimas para muestras crudas.

La capacidad antioxidante demostrada por el método de ABTS-TEAC expresada en equivalente Trolox, presentó valores entre “20.93  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  para el clon Morado 204 a 280.54  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  para el clon 51114.27” ambas para papas crudas, y valores para muestras cocidas entre “133.60  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  para el clon Morado 204 a 336.05  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  para el clon 51114.27.” Los análisis de la capacidad antioxidante por el método de CUPRAC expresada en equivalente de ácido Ascórbico, expresó valores entre “9.55  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  para el clon Morado 204 a 42.85  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  para el clon 51114.27” ambas para muestras crudas, y para muestras cocidas los valores oscilaron entre “20.29  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  para el clon Morado 204 a 40.25  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  para el clon 51114.27.”

Todos los resultados encontrados respecto al contenido de fenoles, antocianinas y capacidad antioxidante, presentaron diferencias significativas entre los clones crudos y los cocidos.

Los resultados indican que las papas nativas al ser clones mejorados mostraron una muy buena cantidad de fenoles totales, capacidad antioxidante y antocianinas totales, y que al recibir un tratamiento de cocción, en su mayoría aumenta la concentración de la capacidad antioxidante y fenoles totales, caso contrario ocurre en el caso de antocianinas que disminuyen su concentración al recibir calor, por lo tanto si se incorpora a la dieta diaria papas nativas de color, contribuirá con la mejora de la salud y bienestar del organismo, disminuyendo el riesgo de enfermedades degenerativas cardiovasculares y aumentaría la protección contra la acción nociva de sustancias provenientes de la dieta y radicales libres. También por sus cualidades tendría importantes aplicaciones en la industria farmacéutica, agroindustrial y alimentaria.

**Palabras claves:** *Clon mejorado, ABTS, Trolox, CUPRAC, antioxidantes, fenoles, antocianinas, enfermedad degenerativa, radicales libres.*

## ABSTRACT

In the present investigation we worked ten improved native potato clones (*Solanum tuberosum*), from the INIA (National Institute for Agricultural Innovation, Experimental Station Andenes Cusco), the Cusco region.

The tests were conducted with ten improved raw and ten clones cooked improved clones, all samples passed through an ethanol extraction for the determination of total phenols (FT), monomeric anthocyanins (AM), determination of antioxidant capacity by the method ABTS- CUPRAC and the TEAC method.

It was reported that the amount of total phenols (FT) performed by the Folin-Ciocalteau ranged from "8.00 mgGAE/100g in Morado 204 clone at 33.24 mgGAE/100g in 511114.27 clone " both to raw samples, and "19.87 mgGAE/100g in Morado 204 clone at 44.23 mgGAE/100g in 511114.27 clone" both for cooked samples.

To monomeric anthocyanins analysis (AM) by the method pH differential results showed between "5.11 mgC3G/100g in Morado 204 clone at 55.03 mgC3G/100g in 511120.43 clone" both for cooked samples and "2.36 mgC3G/100g in 511188.31 clone at 38.77 mgC3G/100g in 511114.27 clone "the latter two for raw samples.

Antioxidant capacity as demonstrated by the method of ABTS-expressed in Trolox Equivalent TEAC showed values between "20.93  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  in Morado 204 clone at 280.54  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  in 511114.27 clone " both for raw potatoes and cooked samples values between "133.60  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  in Morado 204 clone at 336.05  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  in 511114.27 clone." The analysis of antioxidant capacity by the method of CUPRAC, expressed as ascorbic acid, expressed values between "9.55  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  in Morado 204 clone at 42.85  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  in 511114.27 clone" both for raw samples, and samples boiled values ranged from " 20.29  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  in Morado 204 clone at 40.25  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  in 511114.27 clone".

All results regarding the content of phenols, anthocyanins and antioxidant capacity showed significant differences between raw and cooked clones.

The results indicate that native potatoes to be improved clones showed a great amount of total phenols, antioxidant capacity and anthocyanins, which when treated cooking, mostly the concentration of the antioxidant capacity and total phenols, if opposite occurs in the case of anthocyanins that reduce its concentration to receive heat, so if it is incorporated into the daily diet potatoes native of color, contribute to improving the health and welfare of the body, reducing the risk of cardiovascular and degenerative diseases increase protection against the harmful effects of substances from the diet and free radicals. Also for its qualities have important applications in the pharmaceutical, food processing and food industry

**Keywords:** *Clone improved, ABTS, Trolox, CUPRAC, antioxidants, phenols, anthocyanins, degenerative disease, free radicals*



## INTRODUCCIÓN

La papa es una planta mundialmente conocida por sus variados usos en la cocina, pero ésta no es sólo un ingrediente culinario, también es una fuente rica de vitamina C, carotenoides, antocianinas, proteínas y vitamina B6, aunque esto depende de la variedad del tubérculo. En los últimos años se ha incrementado la demanda de papas nativas, el genotipo de colores abre muchas posibilidades para la elaboración de novedosos productos, las mayores proyecciones de las papas nativas están en los altos valores de antioxidantes en relación a las papas blancas, que es donde tienen el potencial de sumar valor a esta fuente de alimento más que por su almidón, volumen y cualidades de acompañamiento sino, por su característica significativa de ser promotora en la mejora de la salud.<sup>1</sup>

El germoplasma de la papa nativa en los Andes, presenta una notable diversidad genética, lo que sugiere una considerable variabilidad en el estudio nutricional. Estas por su diversidad de colores, contienen compuestos fenólicos antioxidantes que tienen efectos positivos sobre la salud, neutralizan radicales libres y ayudan a prevenir el daño tisular oxidativo, que es vinculado a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes.<sup>2</sup>

En un estudio realizado en 1000 genotipos de papas andinas por el Centro Internacional de la Papa en Perú (CIP), se determinó que los ácidos fenólicos, representaron una gran proporción en todos los genotipos, entre el 45% y 90% del total del contenido de polifenoles<sup>3,4</sup>. La presencia de antocianinas en papas con tonalidades rojas contiene predominantemente glucósidos acilados de Pelargonidina, mientras que las papas púrpuras contienen predominantemente glucósidos acilados de Petunidina y Pelargonidina.<sup>5</sup>

Ante la creciente oposición al empleo de antioxidantes sintéticos en la alimentación, las investigaciones se han dirigido a encontrar productos naturales con actividad antioxidante, lo cual permitirá sustituirlos o, por lo menos, disminuir la cantidad necesaria para proteger los alimentos y evitar el uso de antioxidantes sintéticos (BHT y BHA), ya que se comprobó que niveles altos de BHT y BHA producen un aumento

significativo del peso del hígado y una marcada proliferación del retículo endoplasmático. Otras alteraciones señaladas han sido una disminución del crecimiento y caída del pelo en ratas, hiperplasia de las células epiteliales de los pliegues del estómago y un efecto tóxico en células de mono por parte del BHT <sup>6</sup>.

Por lo tanto, el beneficio del consumo de antioxidantes naturales es su contribución a la mantención de la salud y bienestar del organismo, disminuyendo el riesgo de enfermedades degenerativas cardiovasculares y aumentando la protección contra la acción nociva de sustancias provenientes de la dieta y del entorno ambiental.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum sp.*) de la región Cusco.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales de diez clones mejorados de papas nativas cocidas y crudas, de la región Cusco.
- Determinar el contenido de antocianinas monoméricas en diez clones mejorados de papas nativas cocidas y crudas, de la región Cusco.
- Determinar la capacidad antioxidante total por método ABTS Y CUPRAC en diez clones mejorados de papas nativas cocidas y crudas, de la región Cusco.
- Determinar a los clones mejorado de papa nativa con la mayor concentración de compuestos bioactivos.

## HIPÓTESIS

Dado que, existen nuevos clones mejorados de papas nativas (*Solanum tuberosum*) coloreadas, es probable que estos posean fenoles, antocianinas y antioxidantes.



## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum* sp.)

##### 1.1.1 Origen e historia

La papa se cultiva en los Andes desde hace más de 7.000 años. Según investigaciones confirmadas recientemente, el origen de la papa, especie *Solanum tuberosum*, se centra en la parte norte del lago Titicaca, sur del Perú. Actualmente, la subespecie *S. tuberosum tuberosum* es el cuarto cultivo de mayor importancia en el mundo después del arroz, el trigo y el maíz. Se cultiva en más de 130 países. En el año 2005 cubrió una superficie de 18.652.381 hectáreas a nivel mundial (FAO, 2005).

En el Perú existe alrededor de tres mil variedades de papas nativas, estas se cultivan aproximadamente a 3900 m.s.n.m en condiciones naturales, es decir sin necesidad de usar abono sintético y agroquímicos en general, razón por la cual muchas de estas solo se encuentran en nuestro país ya que por razones climáticas y geográficas aún no se han podido cultivar en el exterior. En el Perú se cultiva aproximadamente 275 hectáreas de papa siendo las zonas de mayor cultivo: Huancavelica, Cajamarca, Ancash, Junín, Cusco, Pasco, Ayacucho, Puno, Apurímac, Lima, Ica y Arequipa. La papa nativa según investigaciones científicas posee un mayor índice proteico y vitamínico en comparación a las papas más comerciales, tiene mejor sabor y además propiedades medicinales según su pigmentación.<sup>7</sup>

La particularidad de este tipo y lo que las hace únicas son sus colores y tonalidades, en la sierra estas caprichosas formas poseen nombres, haciéndola aún más mítica y culturalmente rica, se ofrece como regalo en eventos tradicionales. Por citar alguno de estos nombres, se encuentra la “Illa pilpintu” o mariposa radiante, “Munya” o pasión de media noche, “Paqariy tika” o flor de la mañana. Estos colores o pigmentos varían según su tipo, las que poseen color azul son aquellas que contienen un alto

porcentaje de antioxidantes, las papas amarillas poseen vitamina C, las de tonalidades rojas contienen antocianinas y flavonoides.

Dentro de la gastronomía y el comercio las papas nativas juegan un rol importante, debido a su variedad de sabores y colores convierte a los platos en una obra de arte, por ello es que se viene trabajando en métodos de procesamiento para poder exportarlas en diversas presentaciones al exterior del país.<sup>7</sup>

### 1.1.2 Características morfológicas de la papa nativa

Actualmente, la *Solanum tuberosum*, descrita por primera vez por el botánico suizo Caspar Bahuin en 1596, es la especie más cultivada y consumida a nivel mundial.

#### a) Posición taxonómica de *Solanum tuberosum*.

REINO: Plantae  
FILO: Magnoliophyta  
CLASE: Magnoliopsida  
ORDEN: Solanales  
FAMILIA: Solanaceae.  
GÉNERO: Solanum  
ESPECIE: *Solanum tuberosum*

**Fuente. Centro Internacional de la Papa (CIP) <sup>8</sup>**



**Figura N°01. Papas nativas moradas<sup>1</sup>**

### 1.1.3 Conservación y mejoramiento genético

La conservación en chacra de la biodiversidad es un tema de constante preocupación para las culturas andino-amazónicas. Diferentes trabajos de investigación relacionados a la vivencia campesina y de los ecosistemas naturales, reconocen que los pobladores asentados en las comunidades de las altas montañas poseen una extraordinaria capacidad de organización bio-cultural, ligadas a una cosmovisión propia, donde sus prácticas y saberes contribuyen prioritariamente a la conservación y crianza de los cultivos nativos, impulsados por su cultura chacarera, el cariño hacia la crianza de especies y variedades heredadas y en salvaguarda de las estrategias de la autonomía y seguridad alimentaria de las familias comuneras.<sup>9</sup>

Por otro lado el CIP (Centro Internacional de la Papa) y el INIA (Instituto Nacional del Innovación Agraria) aportan metodologías para el mejoramiento de semillas, con el fin de hacerlas resistentes a virus, plagas, sequías, inundaciones, heladas, etc.

El CIP también aporta semillas, tecnología y capacitación para diferentes países del mundo. Este material genético de primer orden es conservado gracias al conocimiento tradicional de los agricultores andinos, que han sabido conservar dicha riqueza durante siglos en sus tierras.<sup>10</sup>

Por ello, con el fin de lograr sus objetivos, el CIP y el INIA vienen desarrollando formas conservación in situ y conservación ex situ, estas dos son complementarias, ya que una sin la otra no se podría resguardar el material genético de las especies de importancia para el mejoramiento genético, la industria alimenticia, farmacéutica, maderera, etc, permitiendo la conservación de especies vulnerables a procesos de erosión genética.

Se denomina clon a un grupo de organismos idénticos que se han obtenido mediante mejoramiento genético, esto quiere decir que de un cruzamiento “x” denominado para su identificación con código 511260 por ejemplo se ha obtenido 2000 semillas vía sexual (denominadas apropiadamente semilla botánica). En el proceso de mejoramiento de estas semillas (botánicas) deben formar tubérculos de las plantas seleccionadas por alguna

característica especial (rendimiento, color, resistencia a enfermedades, etc), cuando ya se seleccionó, estos tubérculos se identifican con un código 511260.12, este ya se denomina **clon**, porque ha sido escogido por algún atributo, estos clones son materiales idénticos en tubérculo y la forma de multiplicación es asexual.

#### 1.1.4 Propiedades

Las papas nativas moradas son ricas en fitoquímicos antioxidantes y los estudios muestran que las papas moradas pueden ayudar a bajar la presión arterial.

Al elegir las verduras que añadimos a nuestra dieta, una mezcla de colores es siempre una buena regla general para asegurarse de que estamos recibiendo una variedad de nutrientes para satisfacer las necesidades de nuestro cuerpo. Las papas moradas siguen la derecha junto con este concepto como el característico color púrpura nos dice que son ricos en un poderoso antioxidante llamado “antocianina”. Viniendo de la familia de los flavonoides de antioxidantes, las antocianinas son mejor conocidas para estimular el sistema inmunológico y combatir el cáncer. También se puede encontrar este antioxidante en los arándanos y granadas.<sup>11</sup>

La reducción de la presión arterial: Un estudio presentado en el 2012 Reunión Nacional de la American Chemical Society en Denver, Colorado demostró que el consumo de papas moradas bajaron la presión arterial de los sujetos que consumieron estas papas en comparación con los sujetos que no lo hicieron. Los efectos sobre la presión arterial es probable que acompañe a las papas, efecto terapéutico sobre los capilares y los vasos sanguíneos mencionados anteriormente. También es probable que la función de patata violeta tenga una alta concentración de otro fitoquímico llamado ácido clorogénico que se ha vinculado a la reducción de la presión arterial en ratones.<sup>12</sup>

## 1.2 RADICALES LIBRES

Desde el punto de vista químico 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 espacial que genera gran inestabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo. Poseen una estructura birradicálica, son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman y son difíciles de dosificar. Desde el punto de vista molecular son pequeñas moléculas ubicuarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos entre los que se encuentran la cadena respiratoria mitocondrial, la cadena de transporte de electrones a nivel microsomal y en los cloroplastos, y las reacciones de oxidación, por lo que producen daño celular (oxidativo), al interactuar con las principales biomoléculas del organismo.<sup>13</sup>

No obstante lo expresado anteriormente, los radicales libres del oxígeno tienen una función fisiológica en el organismo como la de que participan en la fagocitosis, favorecen la síntesis de colágeno, favorecen la síntesis de prostaglandinas, activan enzimas de la membrana celular, disminuyen la síntesis de catecolaminas por las glándulas suprarrenales, modifican la biomembrana y favorecen la quimiotaxis. Existe un término que incluye a los radicales libres y a otras especies no radicálicas, pero que pueden participar en reacciones que llevan a la elevación de los agentes prooxidantes y son las especies reactivas del oxígeno (EROS).<sup>14</sup>

### 1.2.1 La producción de radicales libres en el cuerpo humano

Los radicales libres y otros ROS surgen de los procesos metabólicos esenciales normales en el cuerpo humano o de fuentes externas, como la exposición a los rayos X, el ozono, el consumo de cigarrillos, contaminantes del aire, y productos químicos industriales. La formación de radicales libres se produce continuamente en las células como consecuencia de tanto las reacciones enzimáticas y no enzimáticas. Las reacciones enzimáticas, que

serven como fuente de radicales libres, incluyen los implicados en la cadena respiratoria, en la fagocitosis, en la síntesis de prostaglandinas, y en el sistema citocromo P-450. Los radicales libres pueden también ser formados en reacciones no enzimáticas del oxígeno con compuestos orgánicos, así como las iniciadas por reacciones ionizantes. <sup>15</sup>

Algunas fuentes generadores internamente de los radicales libres son:

- Las mitocondrias
- La xantina oxidasa
- Los peroxisomas
- Inflamación
- La fagocitosis
- Vías del ácido araquidónico
- Ejercicio

Algunas fuentes generadores externamente de los radicales libres son:

- El humo del cigarrillo
- Los contaminantes ambientales
- Radiación
- Ciertos medicamentos, pesticidas
- Disolventes industriales
- Ozono

### 1.2.2 Los radicales libres en la biología

Se espera que las reacciones de radicales libres para producir cambios adversos progresistas que se acumulan con la edad en todo el cuerpo. Tales cambios "normales" con la edad son relativamente comunes a todos. Sin embargo, superponen a este patrón común son los patrones de influencia de la genética y las diferencias ambientales que modulan el daño de los radicales libres. Estos se manifiestan como enfermedades a ciertas edades determinadas por factores genéticos y ambientales. El cáncer y la arterosclerosis, dos principales causas de muerte son las enfermedades más

destacadas "radicales libres". Iniciación y promoción del cáncer se asocia con defectos cromosómicos y activación de oncogenes. Es posible que las reacciones de radicales libres endógenos, como las iniciadas por radiación ionizante, puede resultar en la formación de tumores. La correlación altamente significativa entre el consumo de grasas y aceites, y las tasas de mortalidad por leucemia y la neoplasia maligna de mama, ovarios y recto entre las personas mayores de 55 años puede ser un reflejo de una mayor peroxidación de lípidos. Los estudios sobre la aterosclerosis revelan la probabilidad de que la enfermedad puede ser debido a reacciones de radicales libres que implican los lípidos de la dieta derivado en la pared arterial y suero para producir peróxidos y otras sustancias. Estos compuestos inducen lesión celular endotelial y producen cambios en las paredes arteriales.<sup>16</sup>

### 1.2.3 Concepto de estrés oxidativo

El término se utiliza para describir la condición de daño oxidativo resultante cuando el equilibrio crítico entre la generación de radicales libres y las defensas antioxidantes es desfavorable. El estrés oxidativo, que surge como resultado de un desequilibrio entre la producción de radicales libres y las defensas antioxidantes, se asocia con daño a una amplia gama de especies moleculares que incluyen lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Estrés oxidativo a corto plazo puede producirse en los tejidos lesionados por trauma, infección, lesión de calor, hipertoxia, toxinas y el exceso de ejercicio. Estos tejidos lesionados producen aumento de las enzimas generadoras de radicales (por ejemplo, xantina oxidasa, lipogenase, la ciclooxigenasa) la activación de los fagocitos, la liberación de hierro libre, iones de cobre, o una interrupción de las cadenas de transporte de electrones de la fosforilación oxidativa, produciendo exceso de ROS. La iniciación, promoción y progresión del cáncer, así como los efectos secundarios de la radiación y la quimioterapia, han sido relacionadas con el desequilibrio entre ROS y el sistema de defensa antioxidante. ROS se han implicado en la inducción y complicaciones de la diabetes mellitus, enfermedad ocular

relacionada con la edad y las enfermedades neurodegenerativas tales como la enfermedad de Parkinson.<sup>17</sup>

#### **1.2.4 El estrés oxidativo y enfermedades humanas**

Un papel del estrés oxidativo se ha postulado en muchas condiciones, incluyendo arterosclerosis, condición inflamatoria, ciertos tipos de cáncer, y el proceso de envejecimiento. El estrés oxidativo se cree ahora que hacer una contribución significativa a todas las enfermedades inflamatorias (artritis, vasculitis, lupus eritematoso, síndrome adulta enfermedades respiratorias), enfermedades isquémicas (enfermedades del corazón, derrame cerebral), la hemocromatosis, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, enfisema, trasplante de órganos, úlceras gástricas, la hipertensión, trastorno neurológico (enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, distrofia muscular), el alcoholismo, enfermedades relacionadas con fumar, y muchos otros. Un exceso de estrés oxidativo puede conducir a la oxidación de lípidos y proteínas, que se asocia con cambios en su estructura y funciones.<sup>18</sup>

#### **1.2.5 Radicales libres y el envejecimiento**

El cuerpo humano está en constante batalla para evitar el envejecimiento. La investigación sugiere que el daño de los radicales libres a las células conduce a los cambios patológicos asociados con el envejecimiento. Un número creciente de enfermedades o trastornos, así como proceso de envejecimiento en sí, demostrar enlace ya sea directamente o indirectamente a estas moléculas reactivas y potencialmente destructivas. El mecanismo principal del envejecimiento atribuye a ADN o la acumulación de daño celular y funcional. La reducción de radicales libres o disminuyendo su tasa de producción puede retrasar el envejecimiento. El carácter progresivo del envejecimiento significa que ocurre a lo largo de toda la vida del individuo, tanto joven como viejo, con una intensidad más o menos constante. Además, todos los individuos envejecen, y lo mismo puede decirse de prácticamente todas las especies animales multicelulares, especialmente de aquellas que,

como la humana, dejan de crecer al alcanzar el desarrollo adulto. Por último, el origen del envejecimiento es interno, lo que explica que el envejecimiento continúe aunque se proteja al individuo de toda fuente de daño procedente del medio ambiente. Este carácter endógeno también explica por qué las distintas especies animales envejecen a velocidades enormemente diferentes aunque vivan en el mismo ambiente. Los factores externos no pueden ser causa del proceso intrínseco del envejecimiento. Esto significa que la velocidad del envejecimiento de cada especie animal, y por tanto su longevidad máxima, está determinada fundamentalmente por sus genes, no por el medio ambiente. La teoría del envejecimiento por radicales libres de origen mitocondrial encaja con esas tres características del envejecimiento, ya que las mitocondrias son una fuente endógena de radicales libres y todas las células de los órganos vitales producen ROS de forma continua en sus mitocondrias.<sup>19</sup>

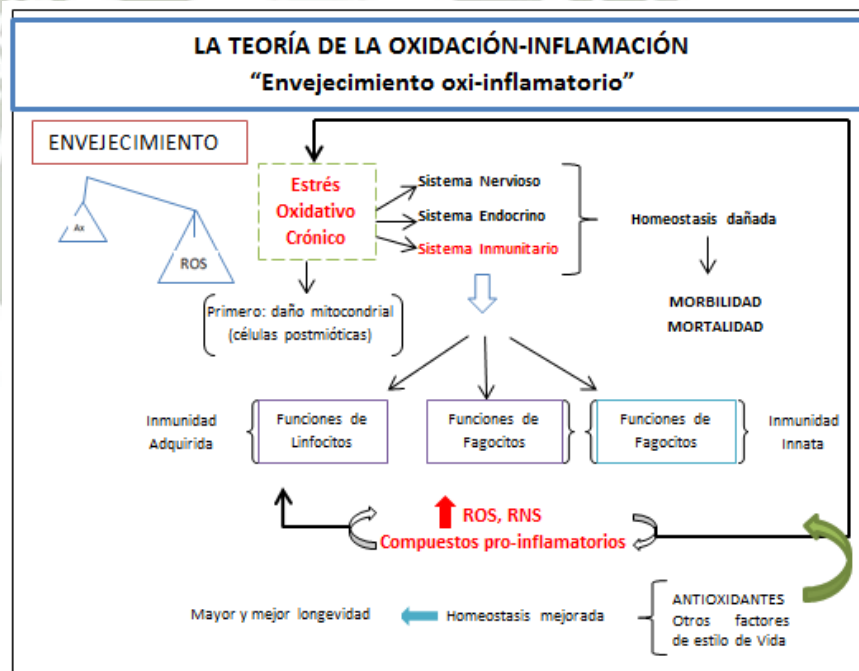


Figura N°02. teoría del envejecimiento oxi-inflamatorio.<sup>19</sup>

### 1.3 ANTIOXIDANTES

Un antioxidante es una molécula suficientemente estable como para donar un electrón a un radical libre arrasa y neutralizarlo, reduciendo así su capacidad para dañar. Estos antioxidantes retrasan o inhiben el daño celular, principalmente a través de su propiedad de eliminación de radicales libres. Estos antioxidantes de bajo peso molecular pueden interactuar de forma segura con los radicales libres y poner fin a la reacción en cadena antes de moléculas vitales estén dañadas. Algunos de estos antioxidantes, incluyendo el glutatión, ubiquinol, y ácido úrico, se producen durante el metabolismo normal del cuerpo. Otros antioxidantes más claros se encuentran en la dieta. Aunque hay sistema de enzimas varios dentro del cuerpo que eliminar los radicales libres, el principio de micronutrientes (vitaminas) antioxidantes son la vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), y B-caroteno. El cuerpo no puede fabricar estos micronutrientes, por lo que deben ser suministrados en la dieta.<sup>20</sup>

#### 1.3.1. Historia

El término antioxidante fue utilizado originalmente para referirse específicamente a una sustancia química que impidió que el consumo de oxígeno. A finales del XIX y principios del siglo XX, un amplio estudio se dedicó a los usos de antioxidantes en importantes procesos industriales, tales como la prevención de la corrosión de los metales, la vulcanización del caucho, y la polimerización de combustibles en el ensuciamiento de los motores de combustión interna.

Las primeras investigaciones sobre el papel de los antioxidantes en biología centrado en su uso en la prevención de la oxidación de grasas insaturadas, que es la causa de la rancidez. La actividad antioxidante puede medirse simplemente colocando la grasa en un recipiente cerrado con el oxígeno y la medición de la tasa de consumo de oxígeno. Sin embargo, fue la identificación de las vitaminas A, C, y E, antioxidantes que revolucionó el campo y condujo a la realización de la importancia de los antioxidantes en la bioquímica de los organismos vivos. La investigación sobre cómo la

vitamina E evita que el proceso de peroxidación de lípidos condujo a la identificación de antioxidantes como agentes que previenen reacciones oxidativas reducir, a menudo por barrido ROS antes de que puedan dañar las células.<sup>21</sup>

### 1.3.2. Los mecanismos para neutralizar a los radicales libres.

Los mecanismos de defensa para neutralizar a los radicales libres son múltiples y variados y pueden dividirse en dos grupos.<sup>22</sup>

- **Enzimáticos:** de producción endógena. Las enzimas son proteínas con capacidad antioxidante las cuales no se consumen al reaccionar con radicales libres, y son dependientes de ciertos cofactores generalmente metales tales como cobre, fierro, magnesio, zinc o selenio. Las enzimas antioxidantes de mayor importancia son la catalasa, la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa, y representan la primera barrera frente a la producción de radicales libres.
- **No enzimáticos:** elementos principalmente exógenos, responsables de la capacidad antioxidante de los fluidos biológicos. Estos compuestos a diferencia de las enzimas se consumen durante su acción antioxidante, por lo que deben ser reemplazados, provienen principalmente de la dieta a través de los aportes de vitamina E, vitamina C, betacarotenos, polifenoles, flavonoides y oligoelementos. Además, existen algunos componentes de origen endógeno tales como glutatión, urato, ubiquinol y proteínas plasmáticas que también ejercen un rol protector.

### 1.3.3. Las plantas como fuente de antioxidantes

Los antioxidantes naturales y sintéticos se utilizan habitualmente en los alimentos y en especial en la medicina, esos aceites que contienen grasas y para proteger los alimentos contra la oxidación. Hay un número de antioxidantes fenólicos sintéticos, hidroxitolueno butilado (BHT) e hidroxianisol butilado (BHA) siendo ejemplos destacados. Estos compuestos han sido ampliamente utilizados como antioxidantes en la

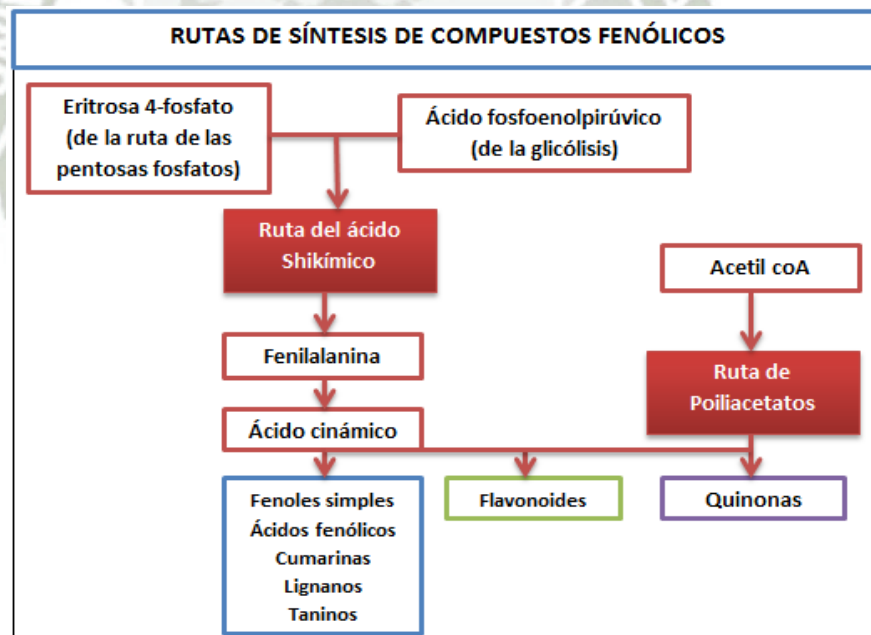
industria alimentaria, cosmética y la industria terapéutica. Desde hace bastantes años se ha trabajado mucho en comprobar la seguridad de los antioxidantes sintéticos para alimentos, cuyo uso ha sido regulado y restringido en muchos países, ya que se comprobó que niveles altos de BHT, BHA y TBHQ producen un aumento significativo del peso del hígado y una marcada proliferación del retículo endoplasmático. Por estas razones ha sido eliminado de la lista de aditivos para alimentos considerados como seguros (GRAS) antioxidantes. En vista del aumento de los factores de riesgo de humano a diversas enfermedades mortales, ha habido una tendencia global hacia el uso de la sustancia natural presente en plantas medicinales y plantas dietéticas como antioxidantes terapéuticos. Se ha informado de que hay una relación inversa entre la ingesta dietética de alimentos ricos en antioxidantes y las plantas medicinales y la incidencia de enfermedades humanas. El uso de antioxidantes naturales en los alimentos, cosmética y la industria terapéutica sería alternativa prometedora para los antioxidantes sintéticos con respecto a bajo coste, altamente compatible con la ingesta de la dieta y no hay efectos perjudiciales en el interior del cuerpo humano. Muchos compuestos antioxidantes, que ocurren de forma natural en fuentes vegetales se han identificado como eliminadores de radicales libres de oxígeno o activos. Se han hecho intentos para estudiar el potencial antioxidante de una amplia variedad de verduras como patatas, espinacas, tomates y legumbres. Hay varios informes que muestran potencial antioxidante de los frutos. Actividades fuertes en antioxidantes han sido encontradas en las bayas, cerezas, cítricos, ciruelas pasas y aceitunas. Té verde y negro se han estudiado extensamente en el pasado reciente para propiedades antioxidantes ya que contienen hasta 30% del peso en seco como compuestos fenólicos.<sup>23</sup>

#### 1.4. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son un amplio grupo de sustancias con diferentes estructuras químicas y actividad, son constituyentes importantes de las plantas y que a su vez les otorga múltiples efectos benéficos. Están presentes generalmente

en forma de glucósidos en los extractos de las frutas, hierbas, vegetales, cereales y otros materiales de plantas ricos en polifenoles lo que ha permitido su utilización por la industria alimentaria no solo por las características organolépticas que le confieren a las frutas y verduras sino que retardan la oxidación de los lípidos y mejoran la calidad nutricional de los alimentos. En adición a esto, los polifenoles presentan una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo la actividad anticancerígena, antiinflamatoria, antihipertensiva, estrogénica, antioxidante y efectos protectores contra enfermedades cardiovasculares. Especialmente estos componentes pueden ejercer efecto antioxidante como el secuestro de radicales libres, donan moléculas de hidrógeno, barren moléculas de superóxido, quelan metales de transición; estas propiedades son atribuidas principalmente al grupo hidroxilo presente en su anillo estructural.<sup>24</sup>

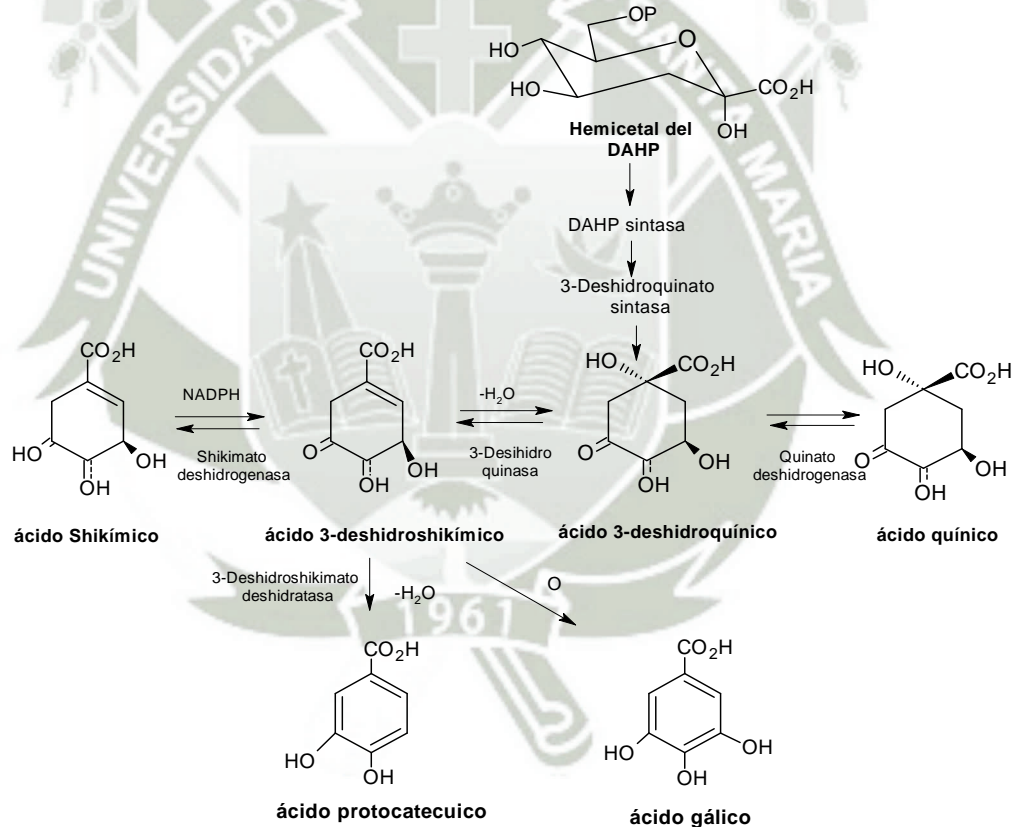
**1.4.1. Rutas en la biosíntesis de compuestos fenólicos.** Existen dos rutas básicas implicadas en la biosíntesis de compuestos fenólicos: la ruta del ácido shiquímico y la ruta del ácido malónico.<sup>25</sup> Figura N°03.



**Figura N°03. Ruta de síntesis de compuestos fenólicos.**<sup>26</sup>

- a) **La ruta del ácido Malónico** es una fuente importante de fenoles en hongos y bacterias, pero es poco empleada en plantas superiores.

b) **La ruta del ácido Shikímico** es responsable de la biosíntesis de la mayoría de los compuestos fenólicos de plantas. A partir de eritrosa-4-P y de ácido fosfoenolpirúvico se inicia una secuencia de reacciones que conduce a la síntesis de ácido shiquímico y, derivados de éste, aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptófano y tirosina). La mayoría de los compuestos fenólicos derivan de la fenilalanina. Esta ruta está presente en plantas, hongos y bacterias, pero no en animales. La fenilalanina y el triptófano se encuentran entre los aminoácidos esenciales para los animales que se incorporan en la dieta. La tirosina no es esencial en el sentido de que los animales pueden sintetizarla por hidroxilación de fenilalanina.



**Figura N°04. Ruta del ácido Shikímico y otros precursores.**

#### 1.4.2. Propiedades biomedicinales

Estudios realizados demuestran que la concentración de (+)-catequinas en el plasma, observada en sujetos que consumen fruta, verdura y vino, incrementan su actividad antioxidante lo que en parte podría explicar la protección relativa contra la enfermedad coronaria.

El consumo de productos alimenticios que contienen altas cantidades de flavonoides, disminuye el riesgo de contraer varios tipos de cánceres. Los mecanismos que son la base de los efectos protectores de cáncer de estos compuestos fenólicos naturales aun constituyen motivo de estudio. Los flavonoides a los que particularmente se les atribuye esta propiedad son la luteolina, quercetina, kaempferol, apigenina y taxifolina que inhiben la lipogénesis y la formación de células cancerígenas, de este modo es interesante notar, la inhibición de células de cáncer tanto de mama como de próstata; existe un paralelismo de respuesta sobre la inhibición del crecimiento de células y la inducción de apoptosis (BRUSSELMANS 2005), inhibición de las síntesis de ácidos grasos.

#### 1.4.3. Actividad antioxidante

El número y la posición de grupos hidroxilo, la glicosilación y otras sustituciones determinan la actividad de secuestro de radicales por los compuestos fenólicos. Las diferencias que existen entre la actividad de secuestro de radicales están atribuidas a las diferencias estructurales de hidroxilación, glicosilación y metoxilación.

Los flavonoides son la clase predominantemente descrita de los fenoles presentes en los alimentos, porque son aproximadamente 2/3 de los fenoles consumidos en la dieta humana. Los taninos también son una fuente importante de antioxidantes. Debido a su presencia ubicua en los alimentos de origen vegetal, los humanos consumen compuestos fenólicos a diario. El rango de consumo es de 25 mg a 1g por día, expresados en ácido gálico, dependiendo del tipo de dieta (frutas, vegetales, granos, té, especias).<sup>27</sup>

## 1.5. ANTOCIANINAS

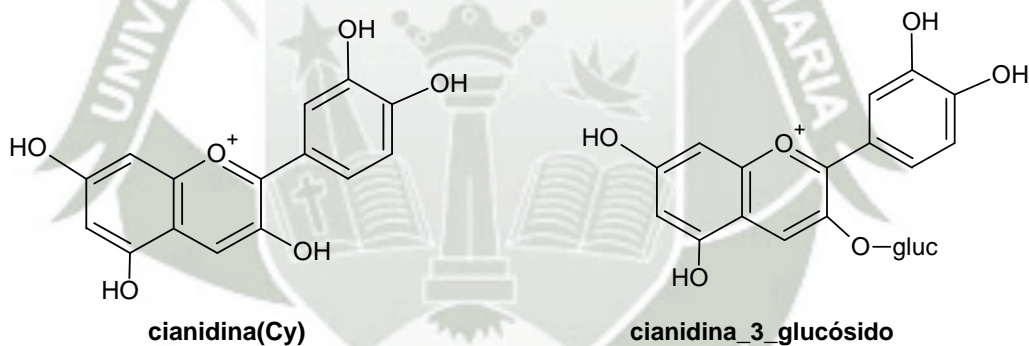
Las antocianinas están basadas químicamente en una única estructura aromática, aquella de la cianidina, y todas se consideran derivadas de ella por adicción o sustracción de grupos hidroxilo, por metilación o por glicosidación. Ellas son intensamente coloreadas y solubles en agua. Se consideran que tienen como función en la planta al ser atractores de insectos y pájaros para los procesos de polinización y diseminación de semillas.

Las antocianinas como pigmentos naturales inocuos tienen considerables potencial en la industria alimentaria; pero a diferencia de los pigmentos rojos sintéticos que se utilizan actualmente, las antocianinas no son estables en soluciones neutras o alcalinas, ocurriendo fácilmente cambios durante el procesamiento del material crudo y el almacenaje, últimos estudios reportan que el color de las antocianinas se hace resistente a las variaciones de pH cuando se encuentran como productos de condensación con catequinas en presencia de aldehídos, siendo en estos casos de mayor valor como agente de coloración de alimentos.<sup>28</sup>

La variedad de papa violette (*Solanum tuberosum* var. *Blue*) que se originó en América del Sur, contiene además antocianinas, que son glucósidos solubles en agua de antocianidinas, son parte de los compuestos fenólicos conocidos como flavonoides y son los responsables del color azul oscuro hasta lavanda característico de esta variedad. Las antocianinas presentes en esta variedad de papa son más estables que las que se pueden encontrar en otras variedades de patata y en otros vegetales, considerándose ésta como una buena fuente y muy estable<sup>29</sup>. Entre las antocianinas presentes figuran la petunidina-3-(p-coumaroyl-rutinoside)-5-glucósido además de pequeñas cantidades de malvidina-3-(p-coumaroyl-rutinoside)-5-glucósido.<sup>30</sup>

Las antocianinas son de interés particular para la industria de colorantes alimenticios debido a su capacidad para impartir colores atractivos (Konczack y Zhang, 2004). Recientemente, diversos materiales conteniendo antocianinas están siendo incorporados a productos alimenticios, donde tales productos requieren

investigación a futuro para demostrar sus efectos fisiológicos. Actualmente, las antocianinas de maíz morado y azul están siendo usadas para la producción de tortillas azules coloreadas naturalmente. La incorporación de antocianinas como colorantes alimenticios, además de mejorar la apariencia total, son muy benéficas para nuestra salud. Las antocianinas son compuestos antioxidantes, su consumo resulta beneficioso para el organismo, diversos estudios presentan evidencia científica que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, atrapar radicales y actuar como agentes quimioprotectores. Otra gran ventaja de la antocianina es su capacidad para proteger la integridad y la estructura del ADN y estimular la producción de citoquinas, que son clave en la promoción de la respuesta inmune adecuada. Si eso no es suficiente, este poderoso antioxidante también tiene propiedades anti-inflamatorias, ayuda a proteger la salud y la integridad de los capilares y fortalece las membranas. También puede jugar un papel en la regulación de la actividad estrogénica que ayuda a reducir el riesgo de enfermedad relacionada con la hormona.<sup>31</sup>



**Figura N°05. Estructura de Cianidina.**

**Figura N°06. Estructura de Cianidina-3-glucósido.**

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en los laboratorios de H-302 y H-101 de la Universidad Católica de Santa María (UCSM), Arequipa-Perú.

#### 2.2 MATERIALES

##### 2.2.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado fue proporcionado por el INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria- Estación Experimental Andenes Cusco). En total se analizaron 20 muestras de las cuales 10 fueron clones mejorados de papa nativa sin cocer y los otros restantes fueron 10 clones mejorados de papa nativa cocidos, todos correspondientes de la región Cusco.

##### 2.2.2 Material de laboratorio

###### Reactivos químicos:

- ABTS (ácido-2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)) (Sigma).
- Persulfato de potasio (J.T. Baker)
- Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) (Merck).
- Etanol 96°.
- Ácido gálico (Sigma).
- Folin Ciocalteau 2N (Merck).
- Carbonato de sodio (J.T.Baker).

- Cloruro de potasio (Merk).
- Acetato de sodio trihidratado (J.T. Baker)
- Ácido clorhídrico concentrado (Merck).
- Cloruro de cobre dihidratado. (J.T. Baker)
- Neocuproína (Sigma)
- Acetato de Amonio. (J.T. Baker)
- Ácido ascórbico (J.T. Baker)
- Agua destilado.
- Buffer pH 1 (Fisher)
- Buffer pH 4 (Fisher)
- Buffer pH 7 (Fisher)

**Materiales de laboratorio:**

- Bureta de 500 ml
- Tubos de ensayo de 12x75 mm pyrex.
- Tubos falcon con tapa rosca 5 ml.
- Balón esmerilado de 250 ml.
- Baguetas
- Pipetas de 1, 2, 5 y 10 ml.
- Fiolas de 5 ml y 10 ml.

- Pesafiltro.
- Probeta de 100 y 250 ml.
- Micropipetas de 5, 10 y 1000 ul.
- Vasos precipitados de 100 y 250 ml .
- Papel filtro.
- Papel aluminio.
- Frascos ambar con tapa rosca.
- Frascos Boeco.
- Placas Petri de 5 ml.
- Espátulas.
- Parafilm.
- Tubos falcon para centrifuga.
- Gradilla.
- Matraz kitasato.

**Equipos:**

- Balanza analítica (OHAUS, AR2140)
- Bomba al vacío de alto rendimiento (Millipore).
- Rotavapor (RII Buchi).
- Agitador magnético con plancha calefactora.
- Cocina (Coldex)

- Estufa
- Refrigerador (LG)
- Destilador automático (GLF, 2008)
- Espectrofotómetro (Shimadzu, Modelo: UV 1700)
- Centrífuga.

## 2.3 MÉTODOS

### 2.3.1 OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

Los clones mejorados de papa nativa, fueron obtenidos del INIA -Estación Experimental Andenes Cusco, se muestran en la galería de fotos del Anexo N°01. Las muestras fueron almacenadas en bolsas de papel debidamente rotuladas, en una congeladora a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En las figuras N°07 y 08 se muestran la selección y almacenamiento de clones.



**Figura N° 07. Selección de los clones mejorados en INIA-Cusco.**



**Figura N° 08. Muestras almacenadas en bolsas de papel**

### 2.3.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Para realizar los análisis posteriores, se acondicionaron las muestras según el diagrama de flujo de las operaciones que se muestran en la figura N°09. Las operaciones se describen a continuación.<sup>32</sup>

- a) **Selección:** se seleccionaron los tubérculos sanos.
- b) **Coción:** se cocieron los 10 clones, cada muestra previamente rotulada para evitar confusiones.
- c) **Cortado:** las muestras que no fueron cocidas se picaron en una tabla aproximadamente el corte fue de 0.5 a 1 cm de ancho.
- d) **Prensado:** las muestras que se cocieron, se prensaron posteriormente.
- e) **Almacenado:** las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta su empleo en la preparación de extractos, siempre y cuando fueran el mismo día, si no fuese el caso, se almacenaron en bolsas de polietileno a  $-10^{\circ}\text{C}$ .



**Figura N°09. Diagrama de flujo de la preparación de muestras.**

### 2.3.3 DETERMINACION DE LA HUMEDAD Y MATERIA SECA

Se usó el método A.O.A.C 930.04 denominada humedad en las plantas, en el que un determinado peso de materia es secado en estufa a 80°C por 24 horas, hasta obtener un peso constante, en la figura N°10 se muestran las muestras en la estufa. Para hallar el porcentaje de humedad se resta el peso de la muestra fresca menos la muestra seca, a esta resta se le divide entre el peso de la muestra fresca y se multiplica por 100, y para hallar el porcentaje de materia seca, se resta 100 menos el porcentaje de humedad hallado por muestra.

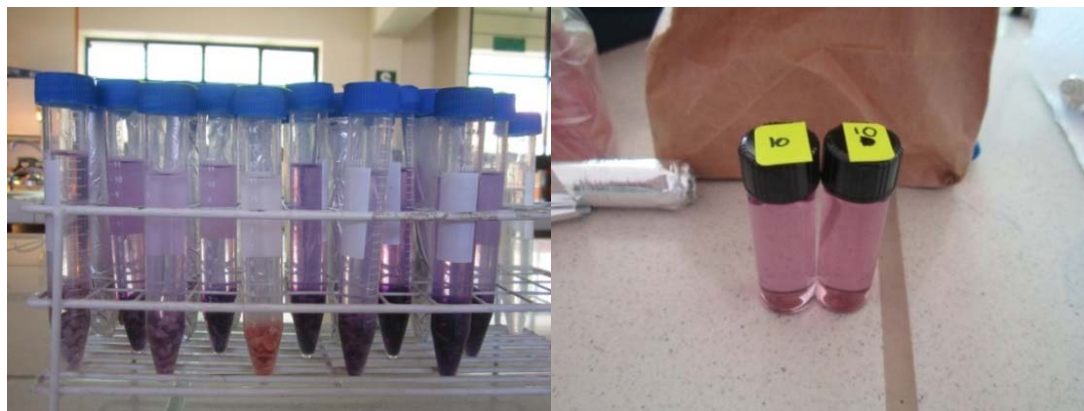


**Figura N°10. Muestras en la estufa.**

### 2.3.4 PREPARACIÓN DE EXTRACTO PARA LA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Se preparó un extracto etanólico para la determinación de compuestos fenólicos totales y para la determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS y CUPRAC. Se pesó 1 gramo tanto de la muestra fresca cortada como de la muestra cocida prensada, y se llevaron a tubos falcon para centrifuga de 15 ml protegidos de la luz con papel aluminio, al cual se le adicionó 10 ml de etanol al 96 %, luego se homogenizó levemente la muestra y se dejó macerar por 24 horas a una temperatura de 4 °C (figura N°11). Transcurrido el tiempo de maceración se filtraron al vacío y luego se centrifugaron por 10 minutos a

4000 rpm, se extrajo el sobrenadante y se almacenó en tubos falcon con tapa rosca (figura N°12) a -10 °C.



**Figura N°11. Extractos etanólicos antes de las 24 horas.**

**Figura N°12. Muestras en tubos falcon después de la maceración y tratamiento de extractos etanólicos.**

### 2.3.5 DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES POR EL METODO FOLIN-CIOCALTEAU

El método de Folin- Ciocalteu, adaptado por *Singleton* (1999), consiste en que los compuestos fenólicos (CF), presentes en la muestra se oxidan por acción del reactivo de Folin (mezcla de ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico), el cual en cambio se reduce por acción de los fenoles, en una mezcla de óxidos azules de tungsteno y de molibdeno. La oxidación de los fenoles, presentes en la muestra, causa la aparición de una coloración azul que presenta un máximo de absorción a 755 nm, esta se cuantifica por espectrofotometría con base a una curva patrón de ácido gálico.<sup>33, 34</sup>

**a) Preparación de la curva estándar:** se disolvió 5 mg de ácido gálico en 10 ml de etanol, el ácido gálico actuó como estándar, el carbonato de sodio se trabajó al 20 % y el reactivo de Folin se llevó a concentración de 1 N, para la

gráfica estándar se trabajó con fioles de 5 ml donde se preparó concentraciones de ácido gálico de 6 a 36 mg/L de concentración, donde se usó 1 ml de Folin, 2.1 ml de carbonato y se enrasaron con agua destilada hasta 5 ml (figura N°13), a continuación se leyeron los estándares a 725 nm en el espectrofotómetro.



**Figura N°13. Fioles con diferentes concentraciones de ácido gálico, antes de ser leídas al espectrofotómetro.**

**b) Ensayo con los extractos etanólicos:** Para obtener cuantitativamente los fenoles totales en cada una de las muestras de papas, se llevaron las muestras a tubos de ensayo: 200 µl de la muestra concentrada o diluida según sea el caso, 300 µl de Folin al 1N y 2500 µl de Carbonato de sodio al 20%, las muestras se dejaron reposar por 15 minutos y se leyeron a 725 nm.

El contenido de compuestos fenólicos totales se expresará en mg de ácido gálico/g de muestra fresca utilizada.

$$\frac{mg \text{ GAE}}{g} = \left\{ \left[ \frac{(Abs + b)}{m} \right] \cdot V \cdot Fd \right\} \div Wma = A$$

$$\frac{mg \text{ GAE}}{g} = A$$

**Ecuación 2.1**

**Dónde:**

Abs: absorbancia de la muestra 725 nm

b: intercepto de la curva

m: pendiente de la curva

V: volumen final de la muestra (ml)

Fd: factor de dilución

Wma: peso de la muestra (g)

GAE: Equivalente a ácido gálico

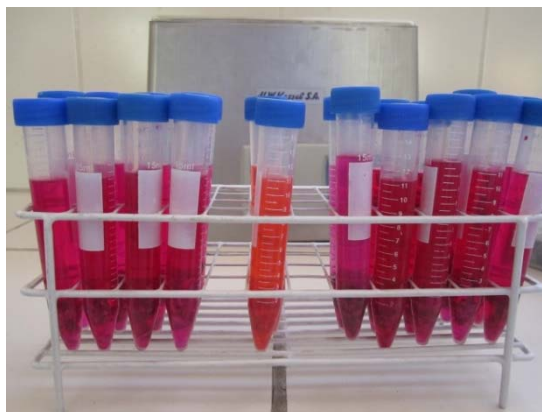
A: mg GAE/g bf

### **2.3.6 CUANTIFICACIÓN DEL TOTAL DE ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS POR EL MÉTODO pH DIFERENCIAL (AOAC 2005.02 37.37.168- Giusti, M.M. y Wroslstad, R.E)**

Las antocianinas desarrollan transformaciones estructurales reversibles con el cambio del pH manifestando por el espectro a diferentes absorbancias. La forma del oxonio coloreado predomina a pH 1.0 y la forma hemiacetal incolora a pH 4.5.<sup>35, 36, 37</sup>

#### **a) Extracción de la antocianina**

Se pesó 1 gramo tanto de la muestra fresca cortada como de la muestra cocida prensada, y se llevaron a tubos falcon para centrífuga de 15 ml protegidos de la luz con papel aluminio, al cual se le adicionó 10 ml de etanol acidificado al 0.1 % con HCl, luego se homogenizó levemente la muestra y se dejó macerar por 24 horas a una temperatura de 4 °C (figura N°14). Transcurrido el tiempo de maceración se filtraron al vacío y luego se centrifugaron por 10 minutos a 4000 rpm, se extrajo el sobrenadante y se almacenó en tubos falcon con tapa rosca a -10 °C.



**Figura N°14. Extracción de antocianinas monoméricas.**

#### **b) Purificación de la antocianina**

La purificación es un paso muy importante, debido a que en la extracción se arrastran contaminantes los cuales pueden afectar la estabilidad o el análisis del pigmento, después de tener la maceración después de 24 horas, las muestras son llevadas a un rotavapor Buchi a 40 °C por unos 5 a 10 minutos, se almacenaron las muestras a 4 °C hasta su utilización (figura N°15).



**Figura N°15. Concentración de las antocianinas en rotavapor Buchi II.**

### c) Determinación de la concentración

Se tomó 1 ml de la muestra concentrada o diluida según sea el caso, con 2 ml de buffer pH 1 y se procedió a leer a 520 nm y 700nm, para el buffer pH 4.5 se toman las mismas medidas 1 ml de muestra con 2 ml de buffer y se lee a 520 nm y 700 nm.

Para poder determinar la concentración de las antocianinas totales se usó la fórmula de pH diferencial:

$$A = [(A_{520nm} - A_{700nm})_{pH 1.0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH 4.5}]$$

$$\text{Antocianinas totales} \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{A \cdot P \cdot Fd \cdot 1000}{\epsilon \cdot l}$$

#### Ecuación 2.2

Dónde:

A: Absorbancia de la muestra

P: peso molecular de Cianidina-3-glucosido 449,6 g/L

Fd: factor de dilución

ε: Absortividad molar de la Cianidina-3-glucósido, 26 900 L/cm.mg.

### 2.3.7 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS- TEAC (ABTS- Trolox equivalent antioxidant capacity). Millar y Rice-Evans 1997.<sup>38, 39, 40, 41</sup>

El compuesto ABTS, es un radical estable que presenta coloración azul y que absorbe radiación a una longitud de onda de 734 nm, de forma que su concentración se puede determinar mediante métodos espectrofotométricos.

Este método radica en la decoloración del radical monocatión preformado ABTS<sup>+</sup>, el radical posee una coloración verde azulada, la generación del radical

ABTS<sup>+</sup> se produce tras una oxidación, entre el ABTS<sup>2-</sup> (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazoline-6-sulfonato) y el persulfato de potasio. Como patrón se emplea Trolox, un análogo sintético hidrosoluble de la vitamina E, la reacción del ABTS con Trolox se puede apreciar en la figura N°16.

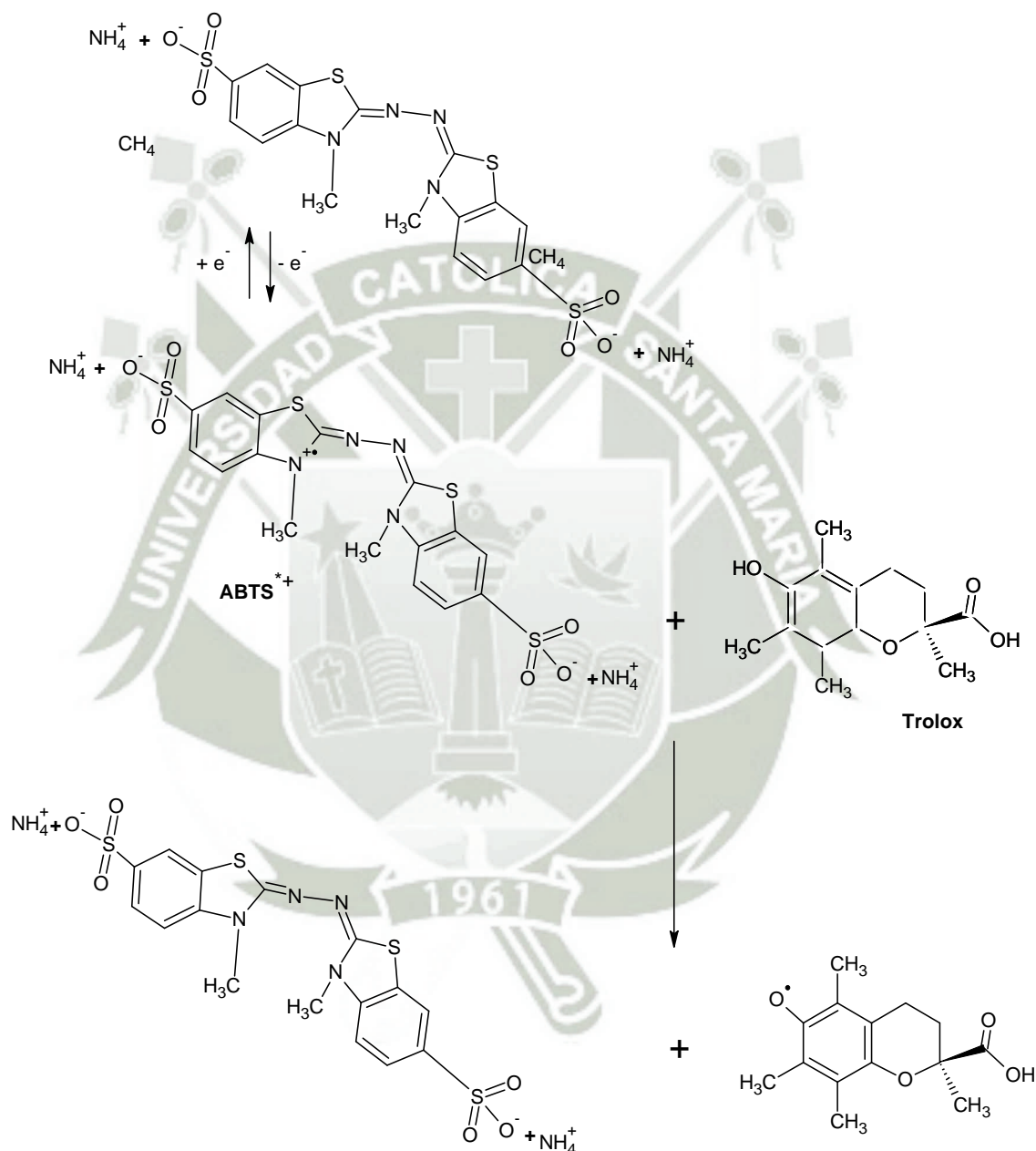


Figura N° 16. Reacción del radical ABTS con Trolox.<sup>41</sup>

**a) Activación del ABTS**

Se prepararon dos soluciones, A y B. La solución A es una solución de ABTS, para la cual se pesaron 2 cápsulas del reactivo con 10 ml de agua destilada y dicha solución se guardó en un frasco ámbar. La solución B es una solución de persulfato de potasio, se preparó pesando 13.2 mg de persulfato de potasio y se enrasó en una fiola de 10 ml con agua destilada. Ambas soluciones A y B, deben de mantenerse protegidas de la luz y bajo refrigeración, de este modo se mantienen estables durante 5 días.

Para activar el radical ABTS, deben mezclarse partes iguales (1:1) de los reactivos A y B, y dejarlos reaccionar durante 12 horas. Culminando este tiempo el radical libre estará activado y listo para su uso. Esta activación del radical debe de hacerse en oscuridad y la mezcla se guarda a temperatura ambiente. Esta solución con el radical activo, se mantendrá estable durante 2 días y bajo refrigeración, una vez culminadas las 12 horas de reposo.

Se preparó una solución diluida, a partir de la solución del radical ya activo, se mide 1 ml de la solución del radical y se diluye con 30 ml de etanol. Esta solución debe ajustarse a una absorbancia de 1.1 con un error de  $\pm 0.02$ , a una longitud de onda de 734 nm; es decir, la absorbancia de esta solución debe de oscilar entre un rango de 1.08 a 1.12, para empezar a trabajar.

**b) Preparación del gráfico estándar**

Se preparó el gráfico estándar con un patrón de referencia para asegurarnos que los resultados obtenidos para nuestras muestras sean confiables. Para la realización del gráfico estándar se usó Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico), que es un análogo hidrosoluble a la vitamina E, por su alta estabilidad.

Se preparó una solución madre de Trolox de concentración 1 mM, a partir de la cual se trabajaron con concentraciones de 80, 160, 240, 320, 400 y 480  $\mu\text{M}$  respectivamente. El cálculo de estas concentraciones se encuentra en la ecuación 2.4.

**c) Preparación de la solución madre**

Se pesaron 2.5 mg de Trolox y se llevó a una fiola de 10 ml, completando el volumen con etanol. En la ecuación 2.3 se puede observar el cálculo para la concentración inicial de la solución madre de Trolox.

PM: 250.3 g/mol de Trolox

$$\frac{2.5mg}{10 ml} \cdot \frac{1mmol}{250.3 mg} \cdot \frac{1000ml}{1 L} = 1mM$$

**Ecuación 2.3****d) Preparación de las soluciones de trabajo**

Se preparó 7 soluciones de trabajo, con concentraciones de 80  $\mu$ M, 160  $\mu$ M, 240  $\mu$ M, 320  $\mu$ M, 400 $\mu$ M y 480  $\mu$ M. Se trabajó con la ecuación 2.4 para determinar el volumen de la solución madre a emplear para cada concentración (figura N°17)



**Figura N° 17. Fiolas con diferentes concentraciones de Trolox.**

$$C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2$$

$$1mM \cdot V1 = 0.08 \mu M \cdot 5ml$$

$$V1 = 0.4 ml$$

**Ecuación 2.4**

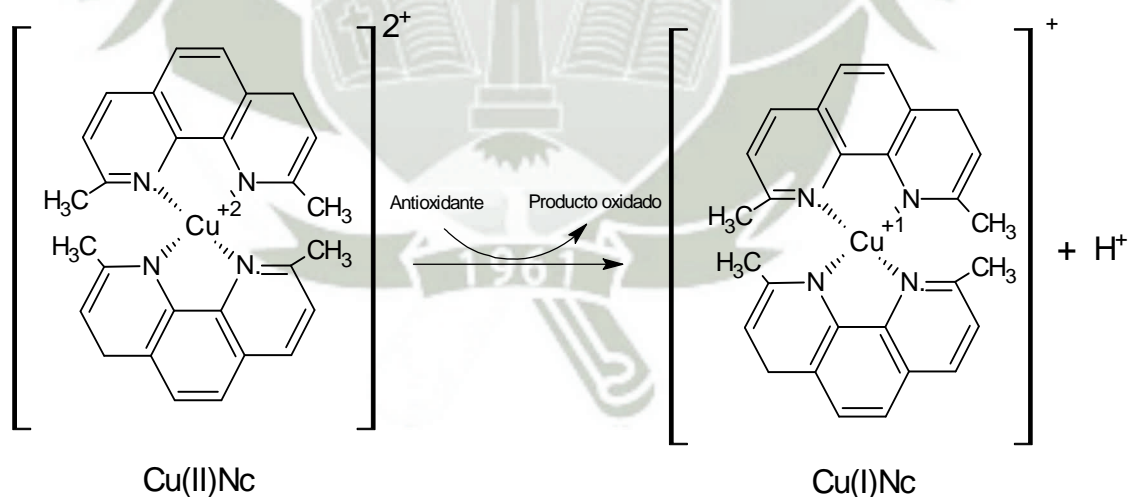
e) **Determinación de la capacidad antioxidante de las soluciones stock de Trolox y de las muestras**

Se midieron 2850  $\mu\text{l}$  de reactivo ABTS activado más 150  $\mu\text{l}$  de cada una de las soluciones stock, se mezclaron en el vórtex, y se esperó por 10 minutos en la oscuridad. Luego se leyó en el espectrofotómetro a 734 nm.

En el caso de las muestras se siguió el mismo procedimiento, pero en lugar de 150  $\mu\text{l}$  de solución stock se usaron 150  $\mu\text{l}$  de la muestra (pura o diluida según sea el caso), y luego se procedió a leer las absorbancias.

**2.3.8 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO CUPRAC. Packer, 2002.**<sup>33,42</sup>

El método CUPRAC (*copper reducing antioxidant capacity*), es un sistema capaz de determinar la capacidad antioxidante basado en la reacción donde hay transferencia de un solo electrón, figura N°18.



**Figura N° 18. Reducción del complejo Neocuproína/cobre(II)**<sup>43</sup>

Este método utiliza  $\text{Cu}^{+2}$  y la Neocuproína para reaccionar con el compuesto en estudio formando un quelato coloreado de  $\text{Cu}^{+1}$ :  $(\text{Cu-Nc}_2)^{+1}$ , el cual es soluble en agua y en medios orgánicos. Esta relación se lleva a cabo a pH 7, controlado por el buffer acetato de amonio, el quelato formado con el cobre reducido es medido a 450 nm, normalmente la formación de este complejo se completa a 30 minutos. Sin embargo, antioxidantes de reacción lenta necesitan la incubación de temperatura elevada para completar la oxidación (50°C por 20 minutos).

**a) Reactivos a preparar**

- Cloruro de cobre dihidratado: solución a  $1.2 \times 10^{-2}$  M en agua.
- Acetato de amonio: solución buffer 1M a pH 7
- Neocuproína: solución  $7.5 \times 10^{-3}$  M en etanol.
- Ácido ascórbico: solución stock  $2 \times 10^{-3}$  M en etanol.



**Figura N°19. Fiolas con diferentes concentraciones de ácido ascórbico.**

**b) Curva de calibración**

Se preparó en fioas de 5 ml a diferentes concentraciones de ácido ascórbico que se muestran en la tabla N°2.1, posteriormente se mezclaron y se dejaron en reposo por 30 minutos en oscuridad (figura N°19), se procedieron a leer en un espectrofotómetro a una longitud de onda a 450 nm.

**c) Preparación de muestras**

Para determinar la capacidad antioxidante de las muestras se hizo el procedimiento de la tabla N°01, donde en lugar de adicionar el ácido ascórbico se utilizó el extracto de la muestra, se usó 0.25 ml de las muestras y fueron leídas en el espectrofotómetro a 450nm.

**Tabla N° 01. Esquema del procedimiento por el método CUPRAC**

	<i>Blanco</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Buffer acetato(ml)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Neocuproína(ml)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>CuCl<sub>2</sub> (ml)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Ácido ascórbico(ml)</b>	0	0.25	0.5	1	1.5	2
<b>Agua(ml)</b>	2	1.75	1.5	1	0.5	-
<b>Concentración (µM)</b>	0	100	200	400	600	800

Se trabajó con la ecuación 2.5 para determinar la concentración del ácido ascórbico, para cada patrón.

$$C1 . V1 = C2 . V2$$

$$0.2mM \cdot 0.25ml = C2 \cdot 5ml$$

$$C2 = 0.1mM$$

### **Ecuación 2.5**

#### **2.3.9 Análisis estadístico**

Los datos fueron presentados como promedios, correspondientes a tres repeticiones. Los análisis estadísticos se hicieron en el programa EXCEL 2010, en el entorno de Windows 7.

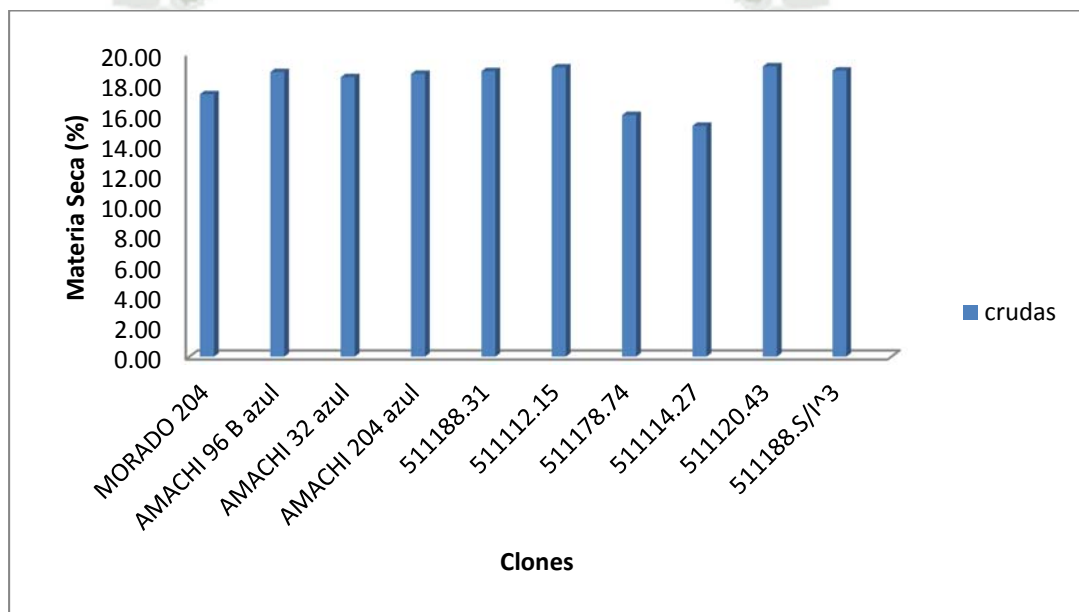
Para observar si existen diferencias significativas, entre las 20 muestras de papa nativa, se realizaron análisis estadísticos con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas, a un nivel de significancia del 95 % ( $p < 0.05$ ).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD Y MATERIA SECA.

La determinación de la humedad se realizó mediante el método A.O.A.C (2.3.3). La comparación de los resultados de materia seca de las 10 muestras crudas, se observan en la figura N°20.



**Figura N°20. Comparación del porcentaje de materia seca en 10 clones crudos de papa nativa.**

Se realizó la determinación de la materia seca, con la finalidad de poder observar algunas cualidades físicas de rutina para esta variedad de papas nativas de color,

Se puede observar que las papas presentaron un promedio de 20 % en cuanto a materia seca. Para consultar el porcentaje de materia seca y humedad de cada clon, puede verse en el Anexo N°02.

A continuación en la tabla N°02, se puede observar el porcentaje de materia seca en cada clon trabajado.

**Tabla N°02. Concentración de %MS en 10 clones de papa nativa.**

Clon	crudas
	%MS
MORADO 204	20.60
AMACHI 96 B azul	21.03
AMACHI 32 azul	20.66
AMACHI 204 azul	20.92
511188.31	19.86
511112.15	20.95
511178.74	18.85
511114.27	20.00
511120.43	21.57
511188.S/I^3	19.76

% MS/100g: Porcentaje de materia seca.

Como se mencionó anteriormente se realizó este método para tener conocimiento del porcentaje de materia seca como prueba física de rutina, el contenido de materia seca requerido depende del producto final por ejemplo para la producción de patatas fritas se prefieren patatas con un contenido de materia seca de un 20 - 24%. Si el contenido de materia seca es demasiado bajo (menor a 18%), las patatas fritas o las patatas chips resultarán demasiado blandas o húmedas. Además, se requerirá más energía, ya que hay que evaporar más agua. <sup>44</sup>

Según los resultados de la tabla N°02, el promedio de la papa nativa es de 20 %, que es ideal para la producción de papas fritas y chips.

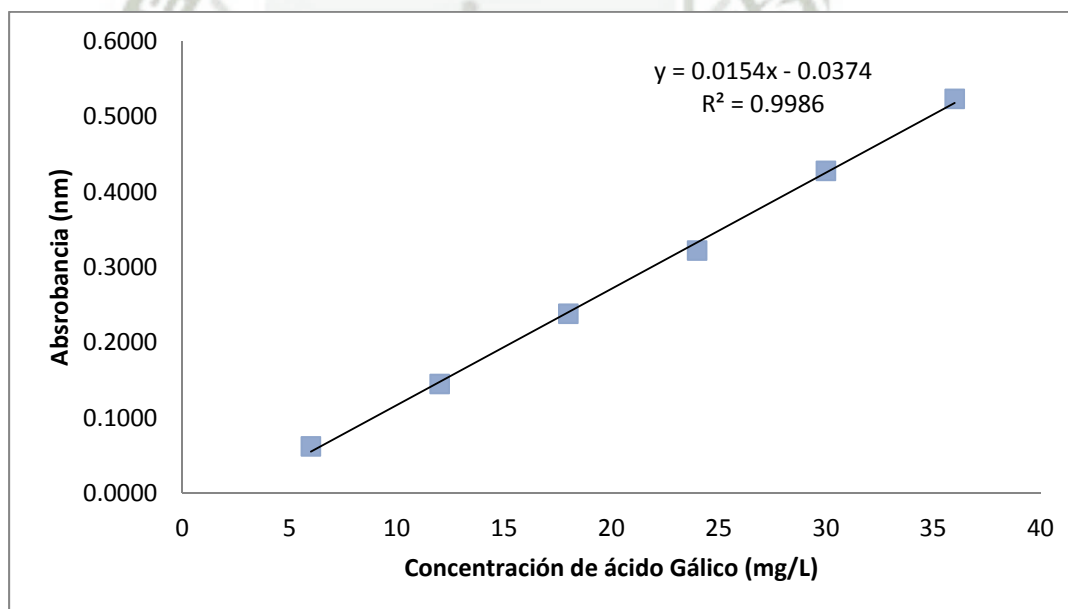
### 3.2 DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES POR EL MÉTODO DE FOLIN-CIOCALTEAU.

De acuerdo al método desarrollado por Folin-Ciocalteu (2.3.5), se obtuvieron los siguientes resultados que se hicieron por triplicado y que se muestran en la tabla N°03.

**Tabla N° 03. Concentraciones de la curva estándar del ácido gálico.**

Patrón	Conc. mg/L	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio	desviación estándar
1	6	0.0545	0.067	0.0654	0.0623	0.0068
2	12	0.1506	0.1583	0.1264	0.1451	0.0166
3	18	0.2455	0.2645	0.2055	0.2385	0.0301
4	24	0.3295	0.3517	0.2864	0.3225	0.0332
5	30	0.441	0.4506	0.3931	0.4282	0.0308
6	36	0.5382	0.5437	0.4901	0.5240	0.0295

Con las datos de la tabla N°03 se obtiene el siguiente gráfico de calibración (Figura N°21)



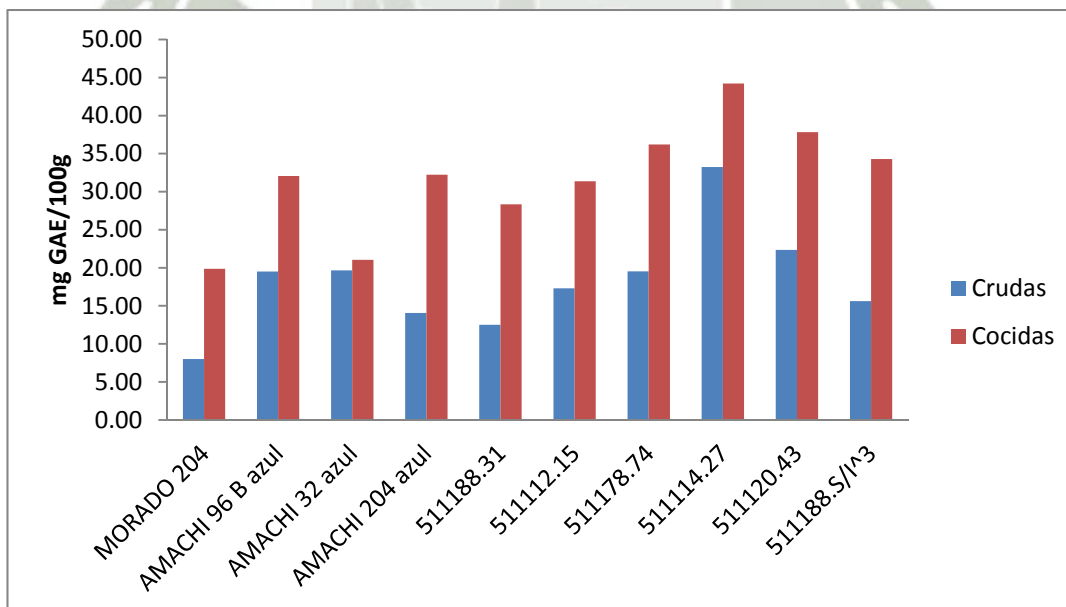
**Figura N°21. Representación la gráfica estándar de ácido Gálico.**

La tabla N°04, muestra el resumen de los resultados obtenidos de la concentración de compuestos fenólicos totales en las 20 muestras de papa nativa, y los resultados completos se observan en Anexo N°03.

**Tabla N°04. Concentración de fenoles totales, mg GAE/100g de muestras crudas y cocidas.**

Clon	Crudas	Cocidas
	FT, mg GAE/100g	FT, mg GAE/100g
MORADO 204	8.00	19.87
AMACHI 96 B azul	19.52	32.07
AMACHI 32 azul	19.66	21.06
AMACHI 204 azul	14.06	32.23
511188.31	12.51	28.34
511112.15	17.30	31.38
511178.74	19.54	36.21
511114.27	33.24	44.23
511120.43	22.34	37.83
511188.S/I^3	15.61	34.29

FT: fenoles totales; mg GAE/100g: miligramos de ácido gálico equivalente por 100 gramos de papa



**Figura N°22. Comparación de la concentración de fenoles totales (mgGAE/100g) en 10 clones crudos y 10 clones cocidos de papa nativa.**

En la Figura N°22 se presentan los datos en barras para una mejor apreciación, donde se puede observar que el clon con una concentración alta de fenoles totales fue 511178.27, tanto cruda como cocida, otra observación es que los clones cocidos presentan una mayor concentración de fenoles totales frente a los clones crudos.

Al parecer las muestras al ser sometidas a cocción por hervor aumentan su concentración de fenoles totales, hay que recordar que el efecto de la temperatura depende de la estructura de cada vegetal y del compuesto en concreto. Por ejemplo, es conocido que el licopeno (un tipo de antioxidante) del tomate se incrementa cuando se fríe. <sup>44</sup>

Haciendo un análisis estadístico (Tabla N°05), con todas las muestras para determinar si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos de fenoles totales para papas nativas cocidas y no cocidas, el valor de significancia es de  $p > 0.05$ .

**Tabla N°05. Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de fenoles totales de muestras cocidas y sin cocer de papa nativa.**

	<i>Cruda</i>	<i>Cocida</i>
Media	18.1781895	31.750573
Varianza	45.5479978	54.0660702
Observaciones	10	10
Coeficiente de correlación de Pearson	0.75193095	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
	-	
Estadístico t	8.58641635	
P(T<=t) una cola	6.2623E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293	
P(T<=t) dos colas	1.2525E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716	

Se rechaza la hipótesis nula, y se demuestra con el test estadístico que el contenido de la concentración de fenoles totales en papas nativas crudas es diferente al contenido de la concentración de fenoles totales en papas nativas cocidas, siendo la concentración en fenoles totales en papa nativa cocida mayor a la concentración de fenoles totales no cocida.

**Tabla N°06. Comparando los resultados con antecedentes de estudios en diferentes frutas y tubérculos.**

Muestra	FT, mg GAE/100 g
511178.74	19.54 bf
511114.27	33.24 bf
511120.43	22.34 bf
6-SJ-JP papa Apurímac <sup>45</sup>	40.60 bs
13 SJ-JP papa Apurímac <sup>45</sup>	49.52 bs
Camu camu cascara seca <sup>46</sup>	7.7 bf
Uva <sup>47</sup>	876 bs
Espinaca <sup>47</sup>	217 bf
Tomate <sup>47</sup>	21.24 bf

FT: fenoles totales, mg GAE/100g: miligramos de ácido gálico equivalente en 100 gramos de muestra, bf: base fresca, bs: base seca,

\*referencias bibliográficas <sup>45, 46, 47</sup>

Como se puede apreciar en la tabla N°06, los resultados obtenidos de las papas estudiadas fueron comparadas con estudios de papas nativas de Apurímac (2014), se puede observar que el valor más alto en cuanto a papas están en el estudio de Apurímac, pero hay que señalar que estas muestras se encuentran en un estudio en base seca, y que el estudio que se realizó con estos nuevos clones está en base fresca.

### 3.3 EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS (AM).

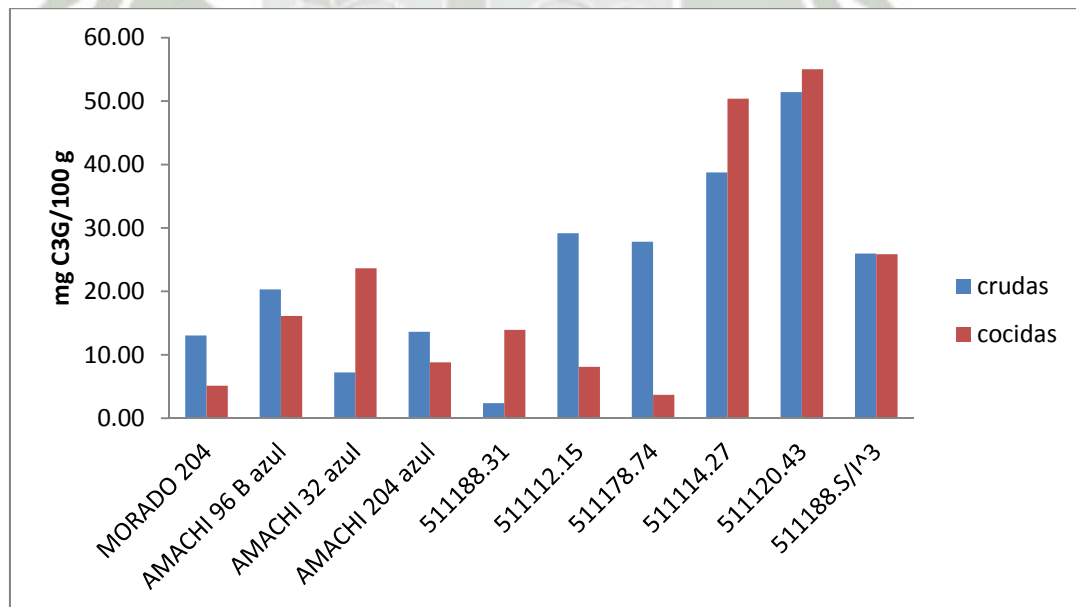
De acuerdo al método desarrollado de por antocianinas monoméricas (2.3.6), para la expresión de la concentración en antocianinas monoméricas se hizo en mg de Cianidina-3-glucósido a partir de las absorbancias.

**Tabla N°07. Concentración de antocianinas monoméricas en mg C3G/100g de crudas y cocidas**

Clones	Crudas	Cocidas
	AM, mg C3G/100g	AM, mg C3G/100g
MORADO 204	13.03	5.11
AMACHI 96 B azul	20.31	16.11
AMACHI 32 azul	7.20	23.64
AMACHI 204 azul	13.62	8.80
511188.31	2.36	13.93
511112.15	29.16	8.10
511178.74	27.82	3.67
511114.27	38.77	50.40
511120.43	51.42	55.03
511188.S/I <sup>3</sup>	25.97	25.86

AM: antocianinas monoméricas; mg C3G/100g: miligramos equivalentes a Cianidina-3-glucósido en 100 gramos de papa

La tabla N°07, muestra el resumen de los resultados obtenidos de la concentración de antocianinas monoméricas en las 20 muestras de papa nativa, y los resultados completos se observan en la Anexo N°04.



**Figura N°23. Comparación de antocianinas monoméricas en mgC3G/ 100 g en 10 clones crudos y 10 clones cocidos de papa nativa.**

Se puede observar en la figura N°23 que la concentración de AM es mayor en los clones “511114.27 y 511120.43”, tanto en clones crudos como cocidos. También se puede observar que algunas muestras presentan mayor concentración de antocianinas en muestras crudas, se podría deducir que al ser estos clones nuevos algunos presentan una mayor concentración de antocianinas al ser cocidas, mientras que otras tienen comportamientos opuestos, hay que tener en cuenta que se tiene como referencia a la antocianina cianidina-3-glucósido, es probable que las muestras tengan otros compuestos antociánicos que son afectados por la temperatura.

Haciendo un análisis estadístico (Tabla N°08), con todas las muestras para determinar si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos de antocianinas monoméricas para papas nativas cocidas y no cocidas, el valor de significancia es de  $p > 0.05$ , con un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla N°08. Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de antocianinas monoméricas, de muestras cocidas y no cocidas de papa nativa.**

	<i>Crudas</i>	<i>Cocidas</i>
Media	22.966177	21.0639693
Varianza	221.804474	332.719733
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.68392261	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	0.44474164	
P(T≤t) una cola	0.33350473	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293	
P(T≤t) dos colas	0.66700945	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716	

Se rechaza la hipótesis alternativa, y se demuestra con el test estadístico que la concentración de antocianinas monoméricas en papas nativas crudas no tiene diferencia significativa con la concentración de antocianinas monoméricas en papas nativas cocidas, siendo la concentración de antocianinas en papa nativa crudas casi igual a la concentración de papas cocidas.

**Tabla N°09. Comparando los resultados con antecedentes de estudios en diferentes frutas y tubérculos.**

Muestra	AM, mg C3G/100g
511120.43	55.02 bf
511114.27	50.39 bf
Papa yana huancuy <sup>48</sup>	58.57 bs
Papa Caramelo <sup>48</sup>	47.87 bs
Mora <sup>49</sup>	104 bs

AM: antocianinas monoméricas, mg C3G/100g: miligramos de cianidina-3-glucósido equivalente en 100 gramos de muestra, bf: base fresca, bs: base seca, \*referencias bibliográficas <sup>48,49</sup>.

Como se puede apreciar en la tabla N°09, los resultados obtenidos de las papas nativas estudiadas fueron comparadas con estudios de papas del centro del país, mostrando que se encuentran en un rango de 48 a 60 mg C3G/100g, lo que quiere decir que no es muy variable la concentración para ser tubérculos, en el caso de la mora si se muestra un valor alto, por lo general el valor de antocianinas en frutos es mucho mayor que en tubérculos y vegetales.

### **3.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS-TEAC (ABTS – CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN TROLOX EQUIVALENTE).**

De acuerdo al método desarrollado de ABTS-TEAC (2.3.7), este método se basa en la decoloración del radical monocatión performado ABTS<sup>+</sup>, al ir perdiendo color por

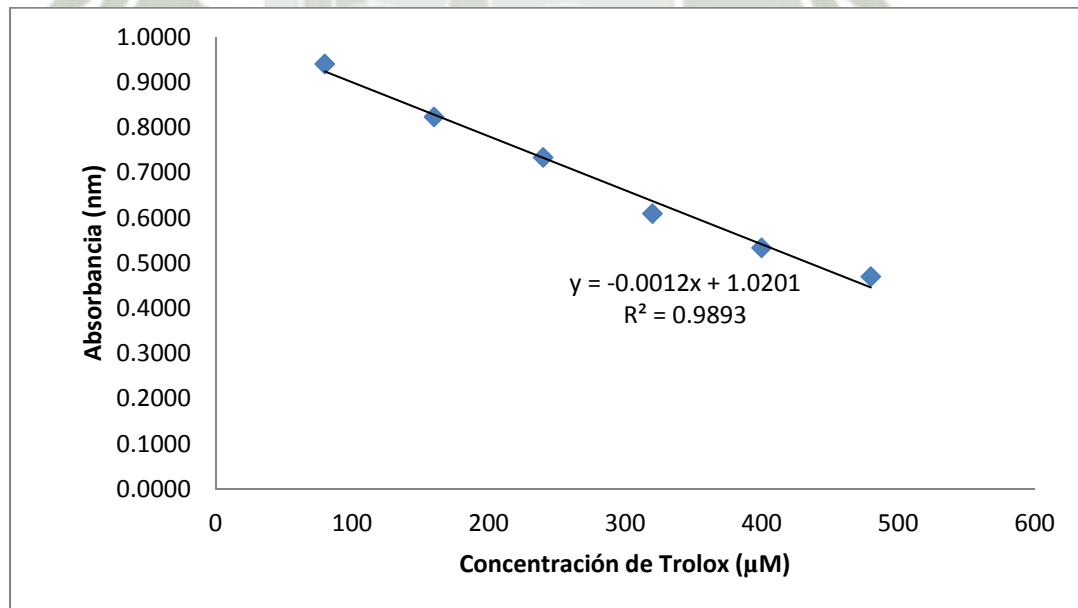
la concentración del estándar la gráfica de calibración irá en declive, por lo que se debe ajustar la gráfica estándar, este ajuste se puede observar en la tabla N°11.

En la tabla N°10, se puede observar los datos para la gráfica inicial para la curva estándar y el ajuste de la absorbancia inicial (blanco).

**Tabla N°10. Una de las tres tablas para gráfica estándar de Trolox .**

patrón	Conc (uM/ml)	Abs	blanco	Blanco - Abs	Desviación estándar
1	80	0.9409	1.1364	0.1956	0.0004
2	160	0.8236	1.1364	0.3128	0.0005
3	240	0.7340	1.1364	0.4024	0.0002
4	320	0.6095	1.1364	0.5269	0.0003
5	400	0.5337	1.1364	0.6027	0.0003
6	480	0.4703	1.1364	0.6662	0.0004

En la figura N°24 se observa la gráfica estándar inicial sin ajustes de absorbancias.



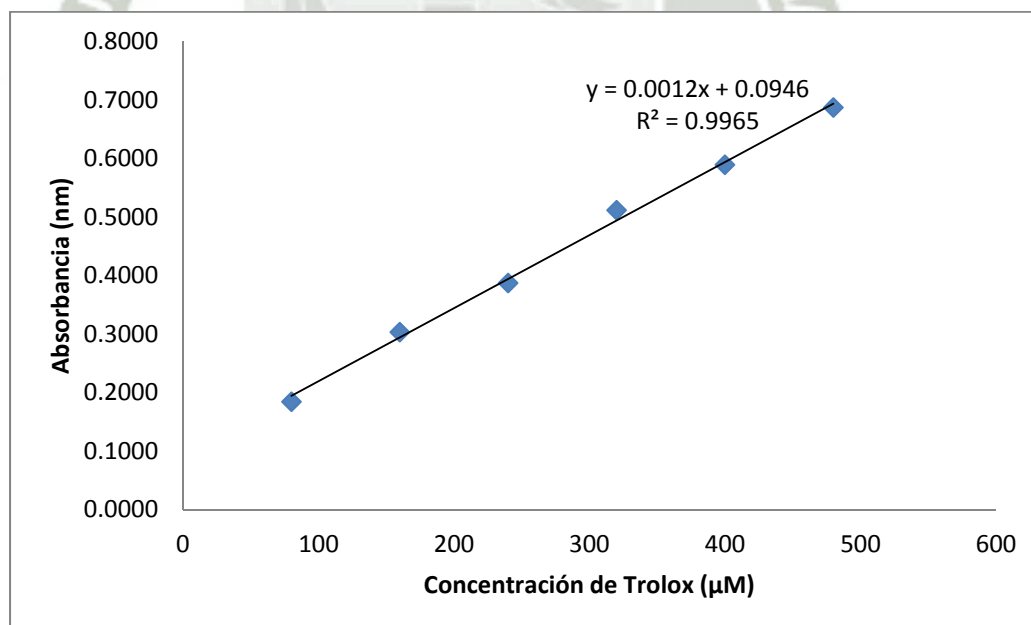
**Figura N°24. Representación de la gráfica estándar de Trolox de la tabla N°3.9.**

**Tabla N°11. Concentraciones de la curva estándar de Trolox.**

Patrón	Conc. ( $\mu\text{M}$ )	Absorbancia			Promedio Abs.	Desviación estándar
		1	2	3		
1	80	0.1799	0.1956	0.1785	0.1847	0.00947
2	160	0.2982	0.3128	0.2997	0.3036	0.00804
3	240	0.3981	0.4024	0.3619	0.3875	0.02226
4	320	0.5148	0.5269	0.4935	0.5118	0.01689
5	400	0.6049	0.6027	0.5606	0.5894	0.02499
6	480	0.7284	0.6662	0.6668	0.6871	0.03572

En tabla N°11, se puede observar la tabla con la repetición de las 3 absorbancias por cada concentración de Trolox.

Con los datos de la tabla N°11, se obtiene el siguiente gráfico de calibración (Figura N°25)

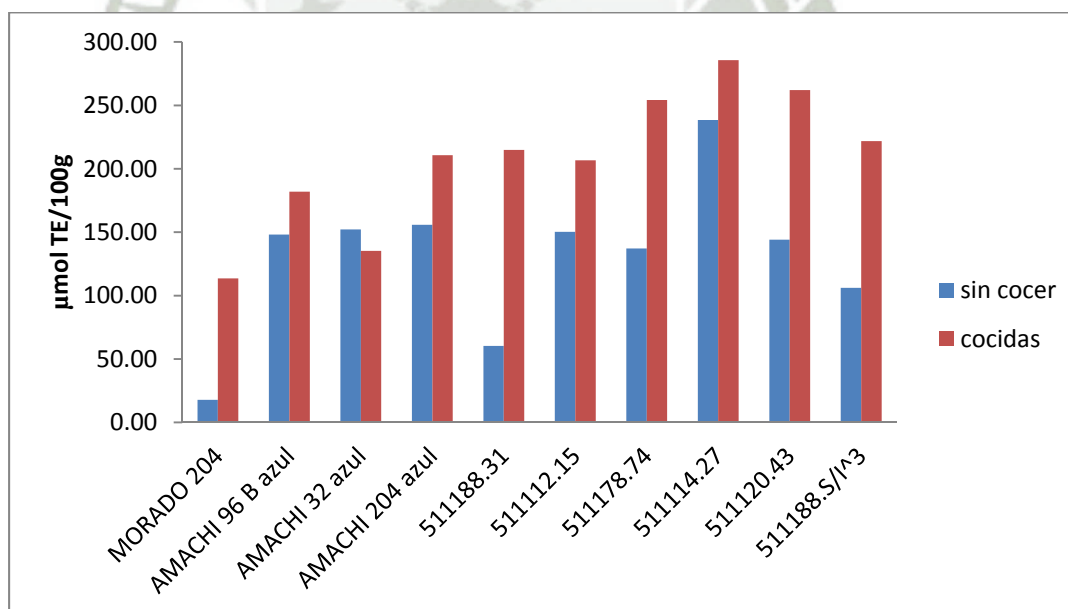


**Figura N°25. Representación gráfica de la curva estándar de Trolox, con las concentraciones de la tabla N°3.10.**

**Tabla N°12. Concentración de capacidad antioxidante en  $\mu\text{molTE}/100\text{g}$  de muestras cocidas (C) y no cocidas (NC).**

Clon	Crudas	Cocidas
	CA, $\mu\text{molTE}/100\text{g}$	CA, $\mu\text{molTE}/100\text{g}$
MORADO 204	20.93	133.60
AMACHI 96 B azul	174.24	213.99
AMACHI 32 azul	179.02	159.09
AMACHI 204 azul	183.38	247.96
511188.31	70.93	252.77
511112.15	176.81	243.18
511178.74	161.37	299.19
511114.27	280.54	336.05
511120.43	169.46	308.35
511188.S/I <sup>3</sup>	124.88	260.90

CA: capacidad antioxidante;  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ , micromoles de Trolox equivalente en 100 gramos de papa.



**Figura N°26. Comparación de capacidad antioxidante en  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  en 10 clones sin cocer y 10 clones cocidos de papa nativa**

La tabla N°12, muestra el resumen de los resultados obtenidos de la concentración de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC en las 20 muestras de papa nativa, y los resultados completos se observan en el Anexo N°4. Estos resultados son presentados gráficamente en la Figura N° 26 para una mejor apreciación.

Se puede observar en la figura N°26 que en la mayoría de muestras la capacidad antioxidante es mayor en papas cocidas que en las no cocidas, salvo excepciones como AMACHI 36 B azul, recordemos que la papa en su estado crudo esta almidonada, y al estar cocida los enlaces que unían los antioxidantes con los almidones se liberan, lo que hace que la capacidad antioxidante aparente sea mayor, pero en realidad se rompen enlaces, lo que hace que incremente su lectura con el método mas no su concentración.

Haciendo un análisis estadístico (Tabla N°13), con todas las muestras para determinar si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC para papas nativas cocidas y no cocidas, el valor de significancia es de  $p > 0.05$ , con un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla N°13. Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC, de muestras cocidas y crudas de papa nativa.**

	<i>Crudas</i>	<i>Cocidas</i>
Media	131.033333	208.685417
Varianza	3546.71491	2915.30116
Observaciones	10	10
Coeficiente de correlación de Pearson	0.5962721	
Diferencia hipotética de las medias		0
Grados de libertad		9
Estadístico t	4.79066113	
P(T<=t) una cola	0.00049324	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293	
P(T<=t) dos colas	0.00098648	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716	

Se rechaza la hipótesis nula, y se demuestra con el test estadístico que la concentración de la capacidad antioxidante por el método ABTS en papas nativas crudas es diferente a la concentración de la capacidad antioxidante por el método ABTS de papas nativas cocidas, siendo la concentración de antioxidantes en papa nativa cocida mayor a la concentración de papas no cocida.

**Tabla N°14. Comparando los resultados con antecedentes de estudios en papa boliviana y quinua.**

Muestra	CA, $\mu\text{molTE}/100\text{ g}$
511178.74	254.31 bf
511114.27	285.64 bf
511120.43	262.10 bf
papa boliviana <sup>50</sup>	70 bs
quinua <sup>50</sup>	190 bs

CA: Capacidad Antioxidante;  $\mu\text{molTE}/100\text{ g}$ : micromoles de Trolox equivalente en 100 gramos de muestra, bf: base fresca; bs: base seca.

Como se puede apreciar en la tabla N°14, los resultados obtenidos de las papas nativas estudiadas fueron comparadas con la estudios de papa boliviana y quinua, en las mismas condiciones de Trolox equivalente para ABTS, se puede apreciar que nuestros clones de papa nativa tienen una buena concentración de capacidad antioxidante, frente a la papa boliviana y a la quinua.

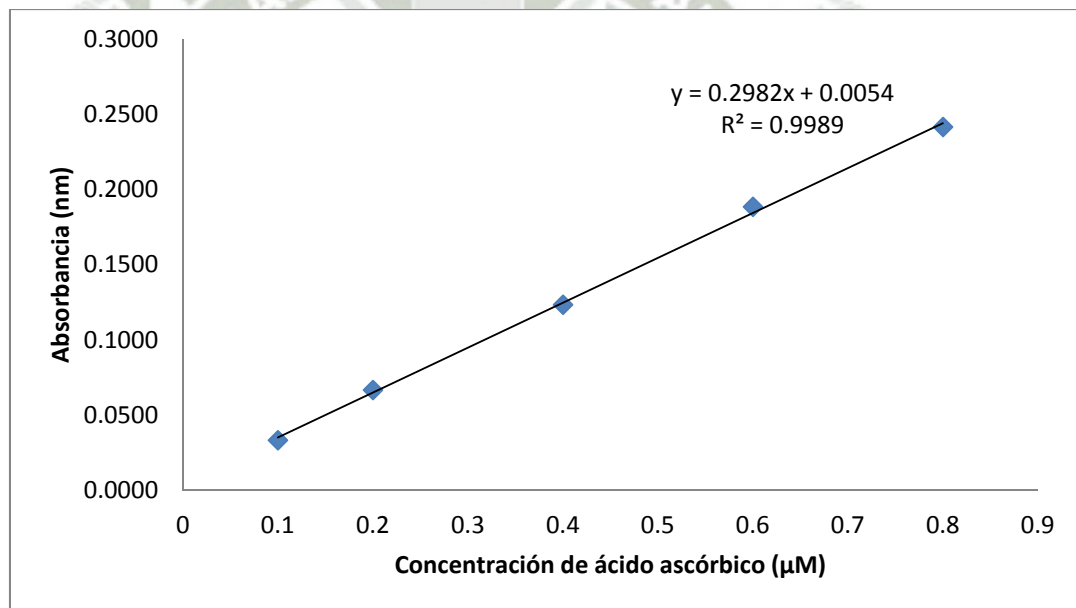
### **3.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO CUPRAC (*Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity*).**

De acuerdo al método desarrollado de CUPRAC (2.3.8), los datos obtenidos, de la curva estándar de ácido ascórbico, se observa en la tabla N°15.

**Tabla N°15. Concentraciones de la gráfica estándar del ácido ascórbico.**

Patrón	Conc. uM	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio	desviación estándar
1	0.1	0.035	0.033	0.032	0.0333	0.00153
2	0.2	0.070	0.064	0.066	0.0667	0.00306
3	0.4	0.129	0.121	0.120	0.1233	0.00493
4	0.6	0.188	0.187	0.190	0.1883	0.00153
5	0.8	0.246	0.240	0.238	0.2413	0.00416

Con los datos de la tabla N°15, se obtiene el siguiente gráfico de calibración (Figura N° 27), el cual muestra un R<sup>2</sup> AL 99%, para hallar la curva de calibración se trabajó con 3 repeticiones por cada patrón de concentración.



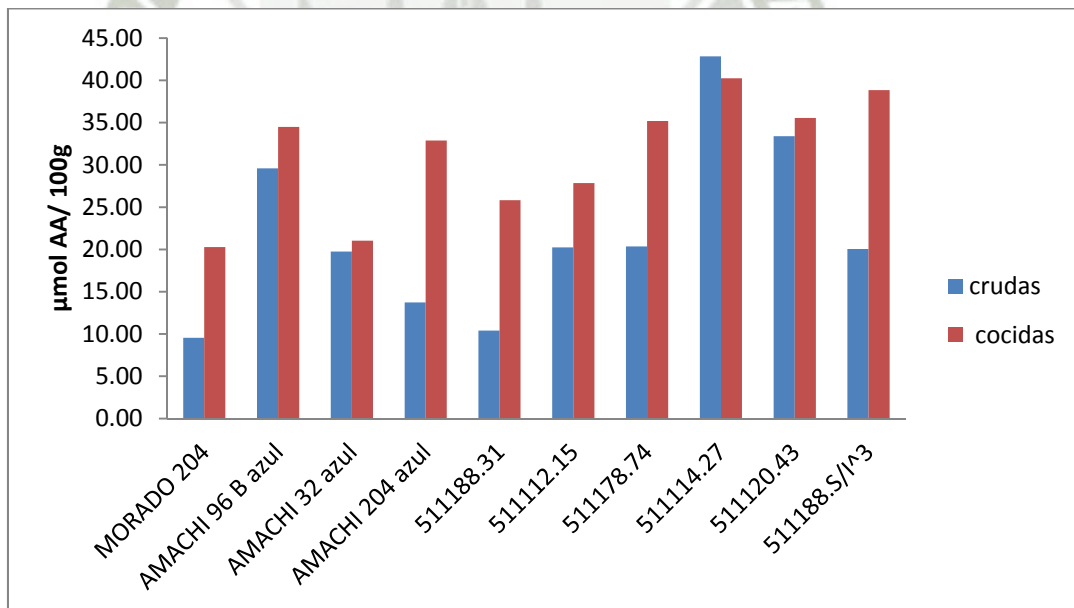
**Figura N°27 .Representación gráfica de la curva estándar de ácido ascórbico.**

La tabla N°16, muestra el resumen de los resultados obtenidos de la concentración de capacidad antioxidante por el método CUPRAC en las 20 muestras de papa nativa, y los resultados completos se observan en el anexo N°05. Estos resultados son presentados gráficamente en la figura N° 28 para una mejor apreciación.

**Tabla N°16. Concentración de capacidad antioxidante  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$  de muestras cocidas y crudas de papas nativas.**

CLON	Crudas CA, $\mu\text{molAA}/100\text{g}$	Cocidas CA, $\mu\text{mol AA}/100\text{g}$
MORADO 204	9.55	20.29
AMACHI 96 B azul	29.60	34.50
AMACHI 32 azul	19.76	21.03
AMACHI 204 azul	13.72	32.88
511188.31	10.41	25.83
511112.15	20.24	27.85
511178.74	20.35	35.20
511114.27	42.85	40.25
511120.43	33.41	35.56
511188.S/I <sup>3</sup>	20.06	38.85

CA: Capacidad antioxidante,  $\mu\text{molAA}/100\text{g}$ : micromoles de ácido ascórbico equivalente en 100 gramos de papa.



**Figura N°28. Comparación de capacidad antioxidante por el método CUPRAC en  $\mu\text{mol}$  de ácido ascórbico/ 100 g en 10 clones crudos y 10 clones cocidos de papa nativa.**

Se puede observar en la figura N°28 que en la mayoría de muestras la capacidad antioxidante es mayor en papa cocidas que en las no cocidas, salvo una excepción del clon 511114.27 que indica lo contrario.

Haciendo un análisis estadístico (Tabla N°17), con todas las muestras para determinar si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos de capacidad antioxidante por el método CUPRAC para papas nativas cocidas y no cocidas, el valor de significancia es de  $p > 0.05$ , con un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla N°17. Análisis estadístico con la prueba “t” para medias de dos muestras emparejadas para la concentración de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC, de muestras cocidas y crudas de papa nativa.**

	<i>Crudas</i>	<i>Cocidas</i>
Media	21.99392433	31.22406
Varianza	110.5568961	50.1822906
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.678428085	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-3.778468817	
P(T<=t) una cola	0.002179635	
Valor crítico de t (una cola)	1.833112933	
P(T<=t) dos colas	0.00435927	
Valor crítico de t (dos colas)	2.262157163	

Se rechaza la hipótesis nula, y se demuestra con el test estadístico que la concentración de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC en papas nativas crudas es diferente a la concentración de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC de papas nativas cocidas, siendo la concentración de antioxidantes en papa nativa cocida mayor a la concentración de papas no cocida.

**Tabla N°18. Comparando los resultados con antecedentes de estudios frutas  
procedente de Brasil.**

<b>Muestra</b>	<b>CA, μmolAA/100 g</b>
511112.15	27.85 bf
511114.27	35.2 bf
511120.43	42.85 bf
Acai <sup>51</sup>	84 bf
camu camu <sup>51</sup>	220 bf

CA: Capacidad antioxidante; μmolAA/100 g: micromoles de ácido ascórbico equivalente en 100 gramos de muestra, bf: base fresca.

Como se puede apreciar en la tabla N°18, los resultados obtenidos de las papas nativas estudiadas fueron comparadas con la estudios frutas procedentes de un estudio realizado en Brasil, en las mismas condiciones de ácido ascórbico por el método CUPRAC, se puede apreciar que las frutas superan en el doble o triple de concentración de capacidad antioxidante a nuestras papas nativas, se ha demostrado que las frutas tienen una elevada concentración de antioxidantes, pero no por esto se debe menospreciar la capacidad antioxidante de estos nuevos clones.

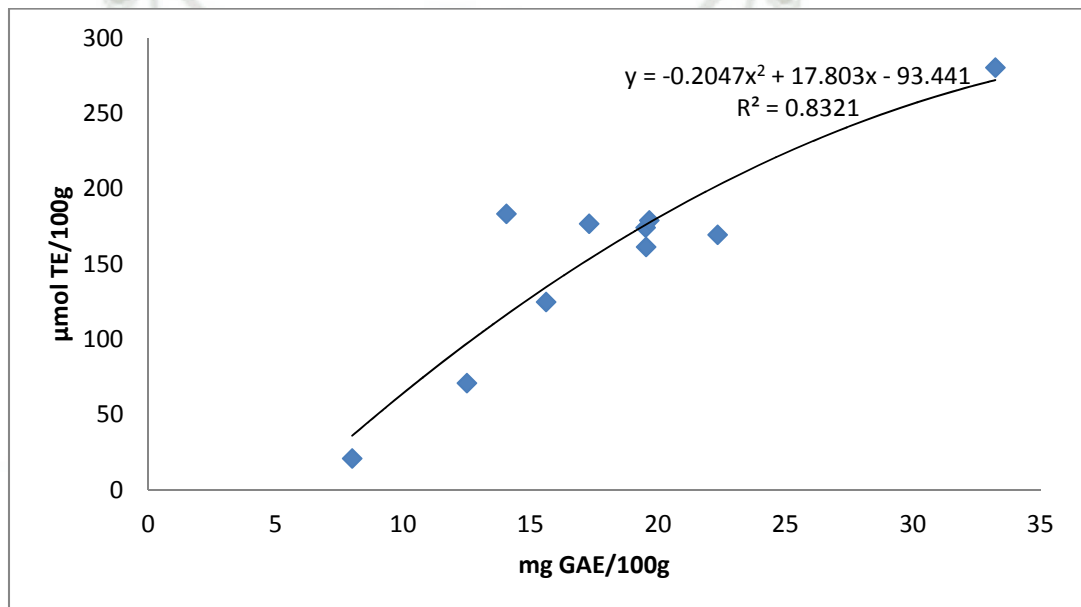
### **3.6 RELACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE CON FENOLES TOTALES Y ANTOCIANAS MONOMÉRICAS TOTALES.**

Para determinar la correlación que existe, entre la capacidad antioxidante, fenoles totales y antocianinas monoméricas, usamos regresiones polinómicas.

#### **3.6.1 RELACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS-TEAC CON FENOLES TOTALES**

- a) **En diez clones mejorados de papa nativa sin cocer:** Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con fenoles totales, se observan a continuación en la Figura N°29

Estos resultados (Figura N°29), muestran que la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC está relacionado en un gran porcentaje con los fenoles totales, es decir, que los compuestos fenólicos son responsables en gran medida de la capacidad antioxidante que presentan las papas nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.83, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.

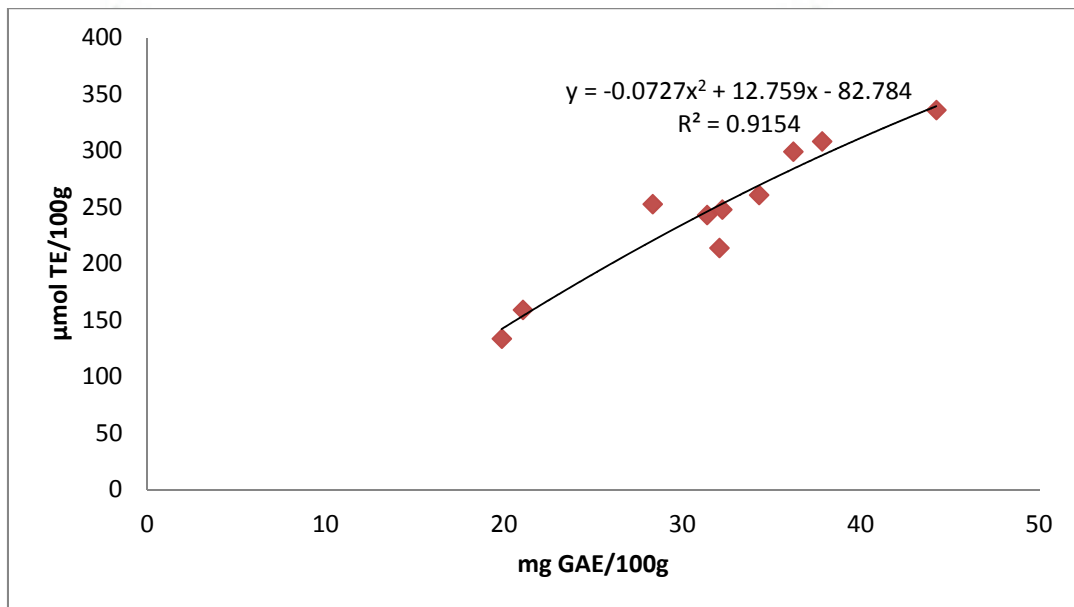


**Figura N°29. Correlación entre la capacidad antioxidante en  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  por método ABTS-TEAC y fenoles totales en  $\text{mg GAE}/100\text{g}$  papa no cocida.**

**b) En diez clones mejorados de papa nativa cocidas .**

Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con fenoles totales, se observan a continuación en la Figura N°30.

Estos resultados, muestran que la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC está relacionado en un gran porcentaje con los fenoles totales, es decir, que los compuestos fenólicos son responsables en gran medida de la capacidad antioxidante que presentan las papas nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.91, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.



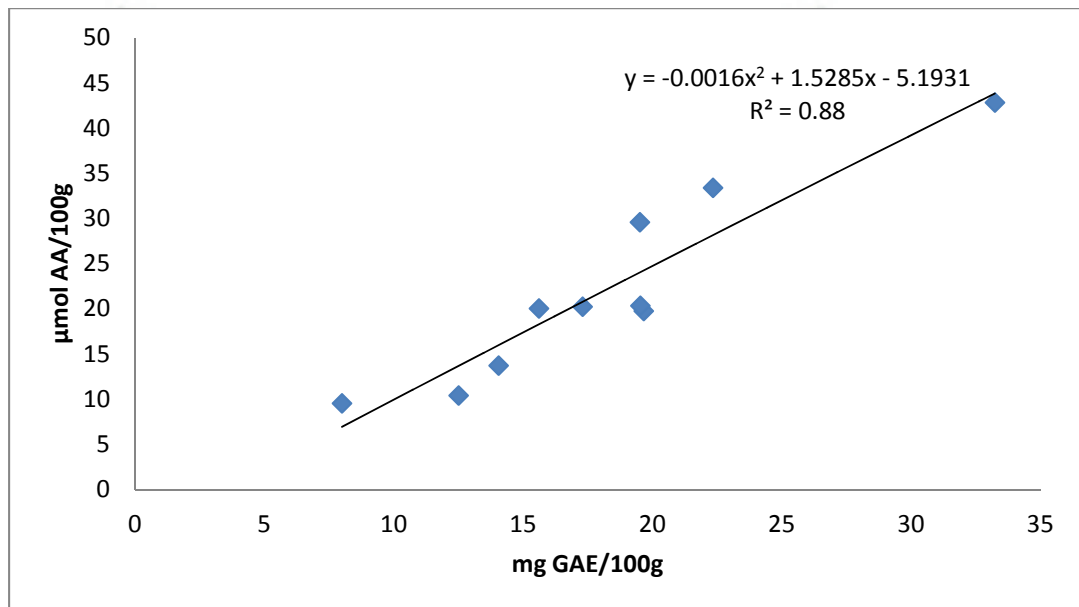
**Figura N°30. Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y fenoles totales en papa cocida.**

### 3.6.2 RELACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL METODO CUPRAC CON FENOLES TOTALES

#### a) En diez clones mejorados de papa nativa crudas.

Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método CUPRAC con fenoles totales, se observan a continuación en la Figura N°31.

Estos resultados, muestran que la capacidad antioxidante por el método CUPRAC, está relacionado en un gran porcentaje con los fenoles totales, es decir, que los compuestos fenólicos son responsables en gran medida de la capacidad antioxidante que presentan las papas nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.88, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.



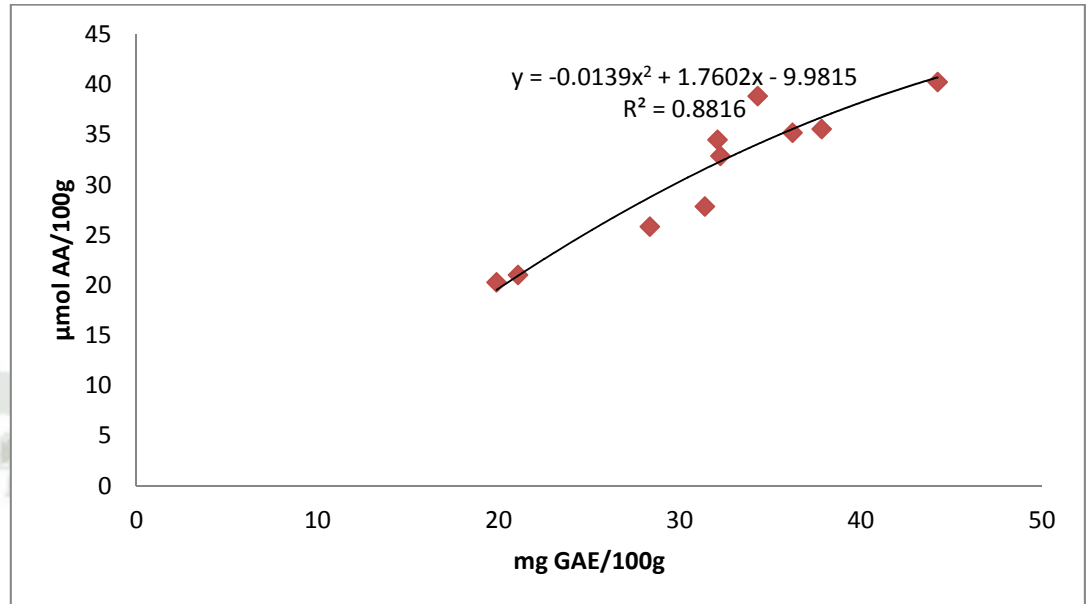
**Figura N°31. Correlación entre la capacidad antioxidante total por método CUPRAC y fenoles totales en papa no cocida.**

**b) En diez clones mejorados de papa nativa cocidas.**

Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método CUPRAC con fenoles totales, se observan a continuación en la Figura N°32.

Estos resultados, muestran que la capacidad antioxidante por el método CUPRAC, está relacionado en un gran porcentaje con los fenoles totales, es decir, que los compuestos fenólicos son responsables en gran medida de la

capacidad antioxidante que presentan las papas nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.88, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.



**Figura N°32. Correlación entre la capacidad antioxidante total por método CUPRAC y fenoles totales en papa cocida.**

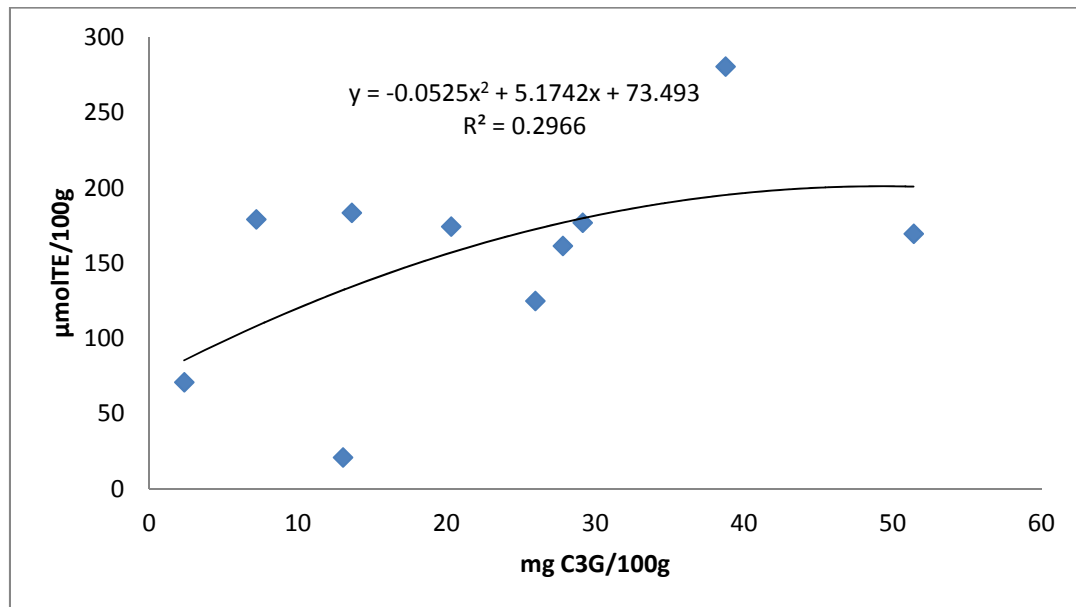
### **3.6.3 RELACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS-TEAC CON ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS TOTALES**

#### **a) En diez clones mejorados de papas nativas crudas.**

Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con antocianinas monoméricas totales, se observan a continuación en la Figura N°33.

Estos resultados, muestran que la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC, no está relacionado en un gran porcentaje con las antocianinas monoméricas, es decir, que las antocianinas no son responsables directos de la capacidad antioxidante que presentan las papas

nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.29, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.



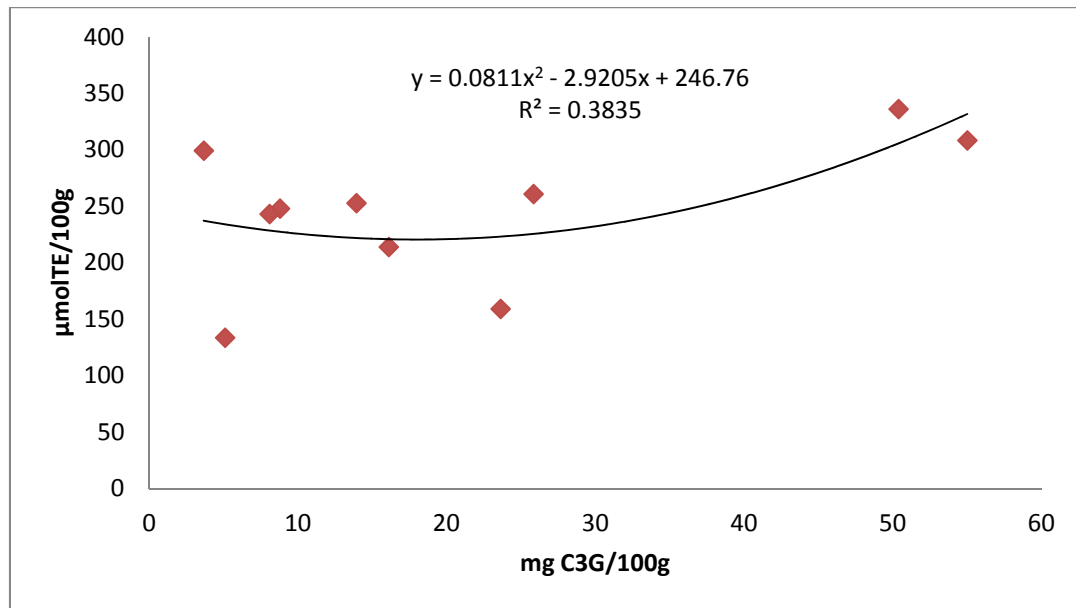
**Figura N°33. Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y antocianinas monoméricas en papa no cocida.**

**b) En diez clones mejorados de papas nativas cocidas.**

Los resultados de la correlación, entre los valores del contenido de capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC con antocianinas monoméricas, se observan a continuación en la Figura N°34.

Estos resultados, muestran que la capacidad antioxidante por el método ABTS-TEAC, no está relacionado en un gran porcentaje con las antocianinas monoméricas, es decir, que las antocianinas no son responsables directos de la capacidad antioxidante que presentan las papas nativas. Debido a que presentan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de

0.38, dato que nos indica el porcentaje de la variación de una variable con respecto a la otra.



**Figura N°34. Correlación entre la capacidad antioxidante total por método ABTS-TEAC y antocianinas monoméricas totales en papa cocida.**

En los tres métodos trabajados para evaluar fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidantes, en la mayoría de muestras se observó que la concentración era mayor en clones cocidos que en no cocidos, se procedió a pesar las papas antes y después de la cocción (anexo N°07) para ver si tenía alguna diferencia significativa en el peso y con estos resultados se trabajaron las concentración para cada método, se observó que las papas al ser cocidas son hidratadas y ganan un promedio de 0.47 gramos que es menos del 0.87% de su peso inicial. Los clones trabajados si mostraron mayor concentración de fenoles, antocianinas y capacidad antioxidante en muestras cocidas, pero esto no quiere decir que por el calor aumenta la concentración de compuestos bioactivos, sino que se rompen enlaces por la cocción haciendo que estos compuestos estén más expuestos y fáciles de detectar que en su estado primario(crudo).

## CONCLUSIONES

- Se evaluó el contenido de compuestos fenólicos totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum sp.*) de la región Cusco.
- Se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales de diez clones mejorados de papa nativa cocidas y no cocidas, de la región Cusco.
- Se determinó el contenido de antocianinas monoméricas en diez clones mejorados de papas nativas cocidas y crudas, de la región Cusco.
- Se determinó la capacidad antioxidante total por método ABTS Y CUPRAC en diez clones mejorados de papas nativas cocidas y crudas, de la región Cusco. Se observó también que los fenoles totales son responsables en gran parte de la capacidad antioxidante que presentan las papas nativas.
- Se determinó que el clon mejorado de papa nativa con la mayor concentración de compuestos bioactivos es el clon 511114.27, ya que presentó la concentración más alta de fenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante, este clon también es el que presenta uno de los colores más oscuros entre todas las muestras, lo que indica que la concentración de color en las muestras está directamente vinculada con la capacidad antioxidante y contenido de antocianinas monoméricas.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones de acuerdo a los diferentes tipos de compuestos fenólicos que se pueden encontrar en papas nativas, para poder determinar cuál de ellos está asociado a la acción antioxidante que presentan los compuestos fenólicos.
2. Realizar investigaciones de acuerdo a los diferentes tipos de antocianinas monoméricas presentes en papa nativa, ya que estas presentan una concentración alta, que podría ser usada en la industria alimenticia.
3. Se sugiere continuar con el estudio sobre compuestos bioactivos en los clones mejorados de papa nativa, ya que al ser uno de los primeros cuatro alimentos consumidos a nivel mundial, es un producto muy importante para la salud.

## REFERENCIAS

1. **VILLACRÉS E, REINOSO I.** Caracterización química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Rev. Latinoamérica de la Papa (Internet), 2009 (consulta el 20 de julio del 2014); 15(1):52-54.
2. **ANDRÉ C, OUFIRA M, HOFFMANNA L, LARONDELLEB Y EVERS D.** Influence of environment and genotype on polyphenol compounds and in vitro antioxidant capacity of native Andean potatoes (*Solanum tuberosum L.*). Journal of Food Composition and Analysis (Internet), 2009 (consulta el 20 de Julio del 2014); 22(6), 517–524, Brasil.
3. **FUENZALIDA N.** Determinación de la cantidad de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas nativas pigmentadas (Tesis de Pregrado). Valdivia; Cybertesis, Universidad Austral de Chile; 2008.
4. **BROWN C.** Antioxidants in potato. American Journal of Potato Research. 82: 163-172, 2005. USA.
5. **BROWN, C; WROLSTAD, R.; YANG, C. y CLEVIDENCE, B.** Breeding studies in potatoes containing high concentration of anthocyanins. American Journ Journal of Potato Research. 80: 241-250, 2003.USA.
6. **PEÑA, C; RESTREPO, L.** Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. 1- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2013.
7. **PROYECTO INCOPA.** “Papa nativa Real: herencia milenaria”. Perú. 2010.
8. **INTERNATIONAL POTATO CENTER (CIP).** Taxonomía de *Solarum tuberosum*. Perú.
9. **RAIME L.** “Conservación in sito de la agrobiodiversidad Andino Amazónica”, 12-13. Paucartambo- Perú. 1998.
10. **BRACK A.** “La Papa, Tesoro de los Andes – CIP”, 2008, Perú.
11. **MARTÍNEZ N, RUBIO E.** Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus Adenotribus Schtdl* (zarzamora), 2011, México.

12. **MARTINO J.** Papas moradas mega paquete antioxidantes en comparación con las papas blanca. 2013. Toronto.
13. **VENEREO, J.** “Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes”. Revista Cubana de Medicina Militar, 31: 189-195, 2002. Cuba.
14. **LOBO V.** “Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health” NCBI, 2010,USA.
15. **HERCBERG S.** “Antioxidant supplementation increases the risk of skin cancers in women but not in men”. The journal of nutrition 29: 844-846, 2007.
16. **NEUHOUSER M, GOODMAN G.** “Dietary supplement use and prostate cancer risk in the Carotene and Retinol Efficacy Trial”. Integr Cancer Ther June 1, 2012 11:83-89, USA.
17. **CAI YZ, CORKE H.** Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. Life Sci. 2006 May 15;78(25):2872-88.
18. **GONZÁLES L.** “Posible efecto protector de los vinos tintos frente al estrés oxidativo”, Burgos, España.
19. **BARJA G.** Radicales libres de origen mitocondrial y longevidad. Analesranf. 2005; vol. 71
20. **CRIADO C, MOYA, M.** “Vitaminas y Antioxidantes, Actualizaciones El Medico”, 2009, Madrid, España.
21. **VENEREO, J.** “Daño Oxidativo, Radicales Libres Y Antioxidantes”. 2002, México.
22. **SAN MIGUEL A, GIL F.** “Importancia De Las Especies Reactivas Al Oxígeno (Radicales Libres) Y Los Antioxidantes En Clínica. Hospital Universitario Río Hortega, 2011, España.
23. **DOROTEOA V; TERRY C; ROJASA R.** Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas. Rev. Soc. Quím. Perú 79, n.1 Lima. 2013
24. **MUÑOZ A; RAMOS F.** Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. Universidad San Marcos, Lima, 2012.

25. **GARCÍA A.; PÉREZ E.** Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145, 2009 ISSN: 1989-3620 119 Universidad Complutense. Madrid.
26. **SOTO M.** Clase de metabolitos secundarios y ruta de ácido shikimico por Q.F 2010.
27. **ROBBINS R.** Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. J.Agric. Food Chem. Vol. 51. 2003.
28. **LOCK O.** “Colorantes naturales en la industria”, 95-105, 1997, Perú.
29. **CRESPO G.** Estudio del proceso de cocción en patata “Violette” (*Solanum tuberosum* var. *Blue*). 2012. España.
30. **GARZON, A.** “Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión”, 2008, Colombia.
31. **MARTÍNEZ A.** “Carotenoides”, 2003, Medellín, Colombia.
32. **PACHECO E.** “Determinación de la capacidad antioxidante y cuantificación de compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides de diferentes cultivares de mashua (*tropaeolum tuberosum ruiz & pavon*)”, 2011, Arequipa, Perú.
33. **GALVEZ H.** Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de productos comerciales a base de té verde que se comercializan en la región, 2009, Arequipa”, Perú.
34. **PRIOR R, SHACTCH K.** “Standardized Method for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements”, 2005, USA.
35. **VALLE M, DOMINGUEZ J.** “Evaluación de la estabilidad de antocianinas durante el almacenamiento de zanahoria púrpura (*Dacus carota*)”, 2011, Perú.
36. **CARHUAPOMA M, BELL C.** Evaluación de antocianinas y actividad antioxidante de *Solanum tuberosum* papa nativa morada, 2010, Lima, Perú.
37. **BURGOS G, BONIERBALE M.** Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling, 2013, Lima, Perú.

38. **ALARGON T.** “Determinación de compuestos fenólicos, carotenoides, fitoesteroles, tocoferoles, ácidos grasos y capacidad antioxidante en aceites extraídos de semillas de 17 accesiones de Sacha Inchi”, 2012, Arequipa-Perú.
39. **JARA P.** “Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas”. 2007, España.
40. **LLANOS L.** “Capacidad antioxidante de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con y sin cáscara: blanca, amarilla y rosada”, 2009, Lima-Perú.
41. **ZEA A.** “Determinación de la capacidad antioxidante de las oleorresinas y extractos de Palillo y Romero”, 2013, Arequipa-Perú.
42. **LOPEZ P, GIRBES T.** “Radicales libres y antioxidantes dietarios, índice de capacidad antioxidante total mediante el método CUPRAC”.
43. **PREEDY V.** Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, 978-0-12-404738-9, 2014.
44. **PENACHO I.** No arruine el potencial de las verduras al cocinarlas, periódico el mundoes, 2009, España.
45. **SUAREZ S.** “Polifenoles, Micronutrientes Minerales Y Potencial antioxidante De Papas Nativas”, 2014, Andahuaylas, Perú.
46. **VILLANUEVA E., RAMIREZ E.** “Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en cascaras de camu-camu (*Myrciaria dubia*)”, 2006, Tingo María, Perú.
47. **MORENO C., ANDRADE M.** Estudio De La Capacidad Antioxidante Durante El Almacenamiento Refrigerado De Naranjilla (*Solanum quitoense*) TRATADA CON RADIACIÓN UV-C. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 14, núm. 2, 2013, pp. 125-132 Hermosillo, México.
48. **CASTILLO, F.** Influencia de 27 cultivares de papa nativa, sobre el contenido de componentes bioactivos y capacidad antioxidante, Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011.
49. **FERREIRA, D.** Bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* spp.) grown in Brazil, Rev. Bras. Frutic. vol.32 no.3 Jaboticabal Sept. 2010 Epub Oct 08, 2010.
50. **PEÑARRETA, M.** Total Antioxidant Capacity in Andean Food Species From Bolivia. Rev. Bol. Quim v.22 n.1 La Paz, 2005.

ANEXOS

**ANEXO N°01**

**Descripción de 10 clones mejorados de papa nativa.**

	CLON	TUBÉRCULO ENTERO FOTOGRAFÍA	PULPA DEL TUBÉRCULO FOTOGRAFÍA	DESCRIPCION
1	MORADO 204			Muestra de 5 cm aproximadamente de diametro de forma redonda, presenta pocas yemas. Internamente la coloración es violacea , la corteza es amarilla casi blanca y el tejido medular es un poco mas oscuro.
2	AMACHI 96 B azul			Muestra de 6 a 7 cm de largo, presencia de ojos mas profundos. Internamente presenta coloración violácea mas oscura, la corteza es un poco amarilla y el peridermo es intensamente violáceo.
3	AMACHI 32 azul			Clon de 6 a 7 cm de largo, yemas la zona del peridermo es intensamente violáceo, la corteza esta entre una coloracion amarilla a violacéa, internamente es violácea oscura.

4	AMACHI 204 azul			<p>Papa 7 a 8 cm de largo, con pocas yemas y ojos pocos profundos. La carne del tubérculo presenta áreas dispersas violáceas en su mayoría y pocas amarillas.</p>
5	511188.31			<p>Tuberculo de 7 a 8 cm de largo con pocos ojos. La carne de la papa es rojo morado y la médula presenta un color un tono mas oscuro.</p>
6	511112.15			<p>Forma redonda de 5 a 6 cm de largo, con poca presencia de ojos. Internamente el tubérculo presenta color violaceo con mancha amarillas, la médula es mas oscura que el resto del tubérculo.</p>
7	511178.74			<p>Tuberculo redondeado de entre 6 a 7 cm de largo, de pocos ojos. La carne del tuberculo es violacea manchada con pequeñas partes amarillas.</p>

8	511114.27			De forma alargada, de 11 a 12 cm de largo, son las muestras mas grandes del grupo. La carne del tubérculo es violáceo intenso en todo el tubérculo.
9	511120.43			De forma alargada, aproximadamente de 7 a 8 cm de largo. Internamente presenta color violáceo intenso con presencia de pequeñas manchas amarillas.
10	511188.S/I^ 3			De forma redondea con presencia de pocas yemas , de 7 a 8 cm de largo. La pulpa del tubérculo es intensamente viólacea, aun mas intensa en la médula del mismo.

**Figura del anexo N°01** Galería de imágenes de papa nativa (*Solanum tuberosum s.p*) de la Región Cusco.

Como se puede observar en la galería de imágenes mostrada en la figura N° 01 a pesar de que la mayoría de muestras tienen los mismos progenitores, éstas difieren en sus características morfológicas, como el peso, forma, el color y presencia de ojos.

Respecto al color, la gran mayoría son púrpuras, mientras que hay un clon que es de color rojo, esto se debe a la presencia o ausencia de algunos componentes que le brindan dicha coloración como son las antocianinas y flavonoides.

**ANEXO N° 02**

**2.A) Determinación del % de humedad y de materia seca en 10 clones crudos de papa nativa.**

CRUDAS						
Muestra	Rep	Peso g	% Masa Seca	% Humedad	Promedio %Humedad	Promedio %Masa Seca
MORADO 204	1	9.43	20.47	79.53	79.40	20.60
	2	9.60	20.73	79.27		
AMACHI 96 B azul	1	10.54	20.68	79.32	78.97	21.03
	2	9.78	21.37	78.63		
AMACHI 32 azul	1	10.12	20.85	79.15	79.34	20.66
	2	12.41	20.47	79.53		
AMACHI 204 azul	1	10.98	20.31	79.69	79.08	20.92
	2	11.61	21.53	78.47		
511188.31	1	10.90	21.01	78.99	80.14	19.86
	2	12.67	18.71	81.29		
511112.15	1	11.33	21.27	78.73	79.05	20.95
	2	10.91	20.62	79.38		
511178.74	1	10.40	18.75	81.25	81.15	18.85
	2	9.50	18.95	81.05		
511114.27	1	10.47	19.39	80.61	80.00	20.00
	2	11.94	20.60	79.40		
511120.43	1	12.47	20.85	79.15	78.43	21.57
	2	11.53	22.29	77.71		
511188.S/I^3	1	11.65	19.23	80.77	80.24	19.76
	2	11.38	20.30	79.70		

Rep: número de repeticiones, g: gramos

**ANEXO 03**

**3.A) Resultados de concentración de fenoles totales (FT) en 10 clones no cocidos de papas nativas.**

NO COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	mg/L	FT, mgGAE/g	FT, mg GAE/100g
MORADO 204	1	0.1109	0.1023	9.0714	0.0800	8.0042
	2	0.0937				
AMACHI 96 B azul	1	0.2987	0.30325	22.1201	0.1952	19.5178
	2	0.3078				
AMACHI 32 azul	1	0.3326	0.3058	22.2857	0.1966	19.6639
	2	0.279				
AMACHI 204 azul	1	0.2105	0.20795	15.9318	0.1406	14.0575
	2	0.2054				
511188.31	1	0.2181	0.1809	14.1753	0.1251	12.5076
	2	0.1437				
511112.15	1	0.2399	0.2646	19.6104	0.1730	17.3033
	2	0.2893				
511178.74	1	0.2953	0.3036	22.1429	0.1954	19.5378
	2	0.3119				
511114.27	1	0.5816	0.5427	37.6688	0.3324	33.2372
	2	0.5038				
511120.43	1	0.3323	0.3525	25.3182	0.2234	22.3396
	2	0.3727				
511188.S/I^3	1	0.2192	0.2351	17.6948	0.1561	15.6131
	2	0.251				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia, mg/L: miligramos por litro, FT: fenoles totales, mg GAE/g: miligramos de ácido gálico equivalente por gramo, mg GAE/ 100g: miligramos de ácido gálico equivalente por 100 gramos.

**3.B) Resultados de concentración de fenoles totales (FT) en 10 clones cocidos de papas nativas cocidas.**

COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	mg/L	FT, mgGAE/g	FT, mg GAE/100g
MORADO 204	1	0.2752	0.3095	22.5227	0.1987	19.8730
	2	0.3437				
AMACHI 96 B azul	1	0.4691	0.5224	36.3474	0.3207	32.0712
	2	0.5756				
AMACHI 32 azul	1	0.3446	0.3301	23.8626	0.2106	21.0552
	2	0.3156				
AMACHI 204 azul	1	0.5902	0.5252	36.5325	0.3223	32.2345
	2	0.4602				
511188.31	1	0.4231	0.4572	32.1136	0.2834	28.3356
	2	0.4912				
511112.15	1	0.4336	0.5103	35.5617	0.3138	31.3780
	2	0.5869				
511178.74	1	0.5931	0.5946	41.0390	0.3621	36.2108
	2	0.5961				
511114.27	1	0.7115	0.7346	50.1266	0.4423	44.2294
	2	0.7576				
511120.43	1	0.5956	0.6228	42.8701	0.3783	37.8266
	2	0.65				
511188.S/I^3	1	0.4993	0.5611	38.8636	0.3429	34.2914
	2	0.6229				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia, mg/L: miligramos por litro, FT: fenoles totales, mg GAE/g: miligramos de ácido gálico equivalente por gramo, mg GAE/ 100g: miligramos de ácido gálico equivalente por 100 gramos.

**ANEXO N°04**

**4.A) Resultados de antocianinas monoméricas (AM) en 10 clones no cocidos de papas nativas.**

CLONES	No Cocidas									
	pH 1		pH 4.5		Abs 700 nm	AM, (mg/L)/g	AM, (mg/L)/100g	AM, mg C3G/g	AM, mg C3G/100g	
	Abs 520 nm	Abs 700 nm	Abs 520 nm	Abs 700 nm						
MORADO 204	1.1616	0.0935	0.3223	0.0989	0.8447	13.6466	1364.66	0.1303	13.0325	
AMACHI 96 B azul	1.6444	0.0550	0.3328	0.0595	1.3161	21.2637	2126.37	0.2031	20.3068	
AMACHI 32 azul	1.7806	0.0464	1.3152	0.0480	0.4670	7.5444	754.44	0.0720	7.2049	
AMACHI 204 azul	2.4908	0.1112	1.5889	0.0923	0.8829	14.2648	1426.48	0.1362	13.6229	
511188.31	1.4472	0.0843	1.3014	0.0914	0.1529	2.4708	247.08	0.0236	2.3596	
511112.15	2.1312	0.0655	0.2630	0.0872	1.8899	30.5330	3053.30	0.2916	29.1590	
511178.74	2.0555	0.0723	0.2689	0.0887	1.8030	29.1290	2912.90	0.2782	27.8182	
511114.27	2.8570	0.0984	0.3707	0.1246	2.5125	40.5918	4059.18	0.3877	38.7652	
511120.43	3.8109	0.0934	0.5225	0.1376	3.3326	53.8426	5384.26	0.5142	51.4197	
511188.S/I^3	1.8292	0.0228	0.1669	0.0439	1.6834	27.1968	2719.68	0.2597	25.9729	

Abs: Absorbancia, nm: nanómetros, mg/L: miligramos por litro, AM: Antocianinas Monoméricas, (mg/L)/g: concentración miligramos por litro en un gramo, (mg/L)/100g: concentración miligramos por litro en cien gramos, mg C3G/g: miligramos de cianidina-3-glucosido equivalente en 1 gramo de papa; mg C3G/100g: miligramos de cianidina-3-glucosido equivalente en 100 gramos de papa.

**4.B) Resultados de antocianinas monoméricas (AM) en 10 clones cocidos de papas nativas.**

CLONES	Cocidas									
	pH 1		pH 4.5		mg/L	AM, (mg/L)/100g	AM, mg /g	AM, (mg/L)/100g	AM, mg /g	AM, mg/100g
	Abs 520 nm	Abs 700 nm	Abs 520 nm	Abs 700 nm						
MORADO 204	1.0065	0.0350	0.6848	0.0442	0.3310	5.3477	534.77	0.0511	5.1070	
AMACHI 96 B azul	2.8470	0.0415	1.8026	0.0411	1.0441	16.8681	1686.81	0.1611	16.1091	
AMACHI 32 azul	2.3027	0.0536	0.7726	0.0556	1.5321	24.7523	2475.23	0.2364	23.6385	
AMACHI 204 azul	2.5500	0.0668	1.9677	0.0548	0.5704	9.2149	921.49	0.0880	8.8003	
511188.31	2.0120	0.0327	1.1117	0.0356	0.9031	14.5906	1459.06	0.1393	13.9341	
511112.15	3.2069	0.0488	2.6854	0.0522	0.5249	8.4809	848.09	0.0810	8.0993	
511178.74	2.3488	0.0417	2.0976	0.0284	0.2380	3.8446	384.46	0.0367	3.6716	
511114.27	3.6417	0.0643	0.3900	0.0789	3.2663	52.7714	5277.14	0.5040	50.3967	
511120.43	4.0262	0.0641	0.4851	0.0894	3.5664	57.6199	5761.99	0.5503	55.0270	
511188.S/I^3	1.8387	0.0559	0.1680	0.0610	1.6758	27.0745	2707.45	0.2586	25.8562	

Abs: Absorbancia, nm: nanómetros, mg/L: miligramos por litro, AM: antocianinas monoméricas, (mg/L)/g: concentración miligramos por litro en un gramo, (mg/L)/100g: concentración miligramos por litro en cien gramos, mg C3G/g: miligramos de cianidina-3-glucosido equivalente en 1 gramo de papa; mg C3G/100g: miligramos de cianidina-3-glucosido equivalente en 100 gramos de papa.

**ANEXO N°05: 5.A). Resultados de capacidad antioxidante por el método ABTS – TEAC en 10 clones no cocidos de papas nativas.**

NO COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	µM	CA, µmolTE/g	CA, µmolTE/100 g
MORADO 204	1	0.1161	0.1231	23.7222	0.2093	20.9314
	2	0.1219				
	3	0.1312				
AMACHI 96 B azul	1	0.3171	0.3316	197.4722	1.7424	174.2402
	2	0.3327				
	3	0.3449				
AMACHI 32 azul	1	0.3186	0.3381	202.8889	1.7902	179.0196
	2	0.3311				
	3	0.3645				
AMACHI 204 azul	1	0.3164	0.3440	207.8333	1.8338	183.3824
	2	0.365				
	3	0.3506				
511188.31	1	0.1528	0.1911	80.3889	0.7093	70.9314
	2	0.2151				
	3	0.2053				
511112.15	1	0.3107	0.3351	200.3889	1.7681	176.8137
	2	0.349				
	3	0.3455				
511178.74	1	0.3037	0.3141	182.8889	1.6137	161.3725
	2	0.3394				
	3	0.2991				
511114.27	1	0.4443	0.4761	317.9444	2.8054	280.5392
	2	0.4847				
	3	0.4994				
511120.43	1	0.2772	0.3251	192.0556	1.6946	169.4608
	2	0.3485				
	3	0.3495				
511188.S/I^3	1	0.2591	0.2644	141.5278	1.2488	124.8775
	2	0.2892				
	3	0.245				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia, µM: micromolar, CA: capacidad antioxidante, µmol TE/g: micromoles de Trolox equivalente por gramo, µmol TE/ 100g: micromoles de trolox equivalente por 100 gramos.

**5.B). Resultados de capacidad antioxidante por el método ABTS – TEAC en 10 clones cocidos de papas nativas.**

COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	$\mu\text{M}$	CA, $\mu\text{molTE/g}$	CA, $\mu\text{molTE}/100\text{g}$
MORADO 204	1	0.2650	0.2763	151.4167	1.3360	133.6029
	2	0.2762				
	3	0.2877				
AMACHI 96 B azul	1	0.3893	0.3856	242.5278	2.1400	213.9951
	2	0.3434				
	3	0.4242				
AMACHI 32 azul	1	0.2595	0.3110	180.3056	1.5909	159.0931
	2	0.3365				
	3	0.3369				
AMACHI 204 azul	1	0.3797	0.4318	281.0278	2.4797	247.9657
	2	0.4494				
	3	0.4664				
511188.31	1	0.4114	0.4384	286.4722	2.5277	252.7696
	2	0.4520				
	3	0.4517				
511112.15	1	0.3921	0.4253	275.6111	2.4319	243.1863
	2	0.4370				
	3	0.4469				
511178.74	1	0.4262	0.5015	339.0833	2.9919	299.1912
	2	0.5206				
	3	0.5577				
511114.27	1	0.5346	0.5516	380.8611	3.3605	336.0539
	2	0.5531				
	3	0.5672				
511120.43	1	0.5872	0.5140	349.4722	3.0836	308.3578
	2	0.4735				
	3	0.4812				
511188.S/I^3	1	0.4161	0.4494	295.6944	2.6091	260.9069
	2	0.4699				
	3	0.4623				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia,  $\mu\text{M}$ : micromolar, CA: capacidad antioxidante,  $\mu\text{mol TE/g}$ : micromoles de Trolox equivalente por gramo,  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ : micromoles de trolox equivalente por 100 gramos.

**ANEXO N°06**

**6.A) Resultados de capacidad antioxidante por método CUPRAC en 10 clones no cocidos papas nativas.**

NO COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	$\mu\text{M}$	CA, $\mu\text{mol AA/g}$	CA, $\mu\text{mol AA/100 g}$
MORADO 204	1	0.0544	0.0641	0.1967	0.0955	9.5475
	2	0.0724				
	3	0.0654				
AMACHI 96 B azul	1	0.1749	0.1873	0.6099	0.2960	29.5972
	2	0.1993				
	3	0.1876				
AMACHI 32 azul	1	0.1452	0.1268	0.4071	0.1976	19.7568
	2	0.1118				
	3	0.1234				
AMACHI 204 azul	1	0.0856	0.0897	0.2828	0.1372	13.7245
	2	0.0936				
	3	0.0900				
511188.31	1	0.0764	0.0694	0.2145	0.1041	10.4100
	2	0.0639				
	3	0.0678				
511112.15	1	0.1264	0.1298	0.4171	0.2024	20.2396
	2	0.1320				
	3	0.1309				
511178.74	1	0.1175	0.1305	0.4194	0.2035	20.3535
	2	0.1394				
	3	0.1345				
511114.27	1	0.2670	0.2687	0.8830	0.4285	42.8497
	2	0.2702				
	3	0.2689				
511120.43	1	0.2031	0.2107	0.6884	0.3341	33.4053
	2	0.2186				
	3	0.2103				
511188.S/I^3	1	0.1401	0.1286	0.4133	0.2006	20.0551
	2	0.1169				
	3	0.1289				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia,  $\mu\text{M}$ : micromolar, CA: capacidad antioxidante,  $\mu\text{mol AA/g}$ : micromoles de ácido ascórbico equivalente por gramo,  $\mu\text{mol AA/100g}$ : micromoles de ácido ascórbico equivalente por 100 gramos.

**6.B) Resultados de Capacidad Antioxidante por método CUPRAC en 10 clones cocidos papas nativas.**

COCIDAS						
CLONES	Rep	Abs.	Promedio Abs	$\mu\text{M}$	CA, $\mu\text{mol AA/g}$	CA, $\mu\text{mol AA/100 g}$
MORADO 204	1	0.1245	0.1301	0.4181	0.2029	20.2884
	2	0.1382				
	3	0.1275				
AMACHI 96 B azul	1	0.2029	0.2174	0.7109	0.3450	34.5011
	2	0.2260				
	3	0.2233				
AMACHI 32 azul	1	0.1320	0.1346	0.4334	0.2103	21.0316
	2	0.1386				
	3	0.1333				
AMACHI 204 azul	1	0.1921	0.2075	0.6776	0.3288	32.8846
	2	0.2194				
	3	0.2109				
511188.31	1	0.1738	0.1641	0.5323	0.2583	25.8324
	2	0.1596				
	3	0.1590				
511112.15	1	0.1665	0.1765	0.5738	0.2785	27.8450
	2	0.1865				
	3	0.1765				
511178.74	1	0.2146	0.2217	0.7254	0.3520	35.2009
	2	0.2298				
	3	0.2207				
511114.27	1	0.2319	0.2527	0.8293	0.4025	40.2459
	2	0.2719				
	3	0.2543				
511120.43	1	0.2078	0.2239	0.7327	0.3556	35.5589
	2	0.2360				
	3	0.2279				
511188.S/I <sup>3</sup>	1	0.2324	0.2441	0.8006	0.3885	38.8517
	2	0.2554				
	3	0.2446				

Rep: número de repeticiones, Abs: Absorbancia,  $\mu\text{M}$ : micromolar, CA: capacidad antioxidante,  $\mu\text{molAA/g}$ : micromoles de ácido ascórbico equivalente por gramo,  $\mu\text{mol AA/ 100g}$ : micromoles de ácido ascórbico equivalente por 100 gramos.

**ANEXO N°07**

clones	Antes de cocer (g)		Promedio (g)	Después de cocer (g)		Promedio (g)	Diferencia (g)		Promedio (g)	% de agua ganada		Promedio %
<b>Morado 204</b>	42.02		41.06	42.55		41.52	0.53		0.46	1.26		1.13
	40.09			40.49			1.00					
<b>Amachi 96 B azul</b>	42.50		46.47	42.88		46.86	0.38		0.40	0.89		0.85
	50.43			50.84			0.81					
<b>Amachi 32 azul</b>	55.09		54.07	55.38		54.34	0.29		0.27	0.53		0.49
	53.05			53.29			0.45					
<b>Amachi 204 azul</b>	65.00		64.02	65.38		64.34	0.38		0.32	0.58		0.50
	63.04			63.30			0.41					
<b>511188.31</b>	51.08		51.54	51.76		52.21	0.68		0.67	1.33		1.30
	51.99			52.65			1.27					
<b>511112.15</b>	45.39		44.75	45.87		45.20	0.48		0.45	1.06		1.00
	44.11			44.53			0.95					
<b>511178.74</b>	56.86		56.04	57.50		56.65	0.64		0.61	1.13		1.08
	55.22			55.79			1.03					
<b>511114.27</b>	76.03		72.30	76.99		73.17	0.96		0.87	1.26		1.20
	68.56			69.34			1.14					
<b>511120.43</b>	37.98		38.87	38.24		39.14	0.26		0.27	0.68		0.69
	39.75			40.03			0.70					
<b>511188.S/I^3</b>	60.56		58.61	60.96		59.00	0.40		0.39	0.66		0.66
	56.66			57.03			0.65					

g: miligramos de papa, %de agua ganada: porcentaje de agua ganada después de que la papa fue cocida, promedio %: promedio de las dos repeticiones del porcentaje del agua ganada después que fue cocida.