

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA



PUNO – PERÚ  
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA

“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE FLAVONOIDES ENTRE  
LAS SEMILLAS DE CHIA NEGRA (*salvia nativa*) Y CHIA BLANCA (*salvia  
hispánica L.*) PUNO, OCTUBRE 2014 – ENERO 2015”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN NUTRICIÓN  
HUMANA

PRESENTADA POR:

KELY EUSEBIA MULLER TITO

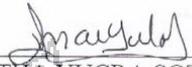
APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

  
Dra. DELICIA V. GONZALES ARESTEGUI

PRIMER MIEMBRO

:

  
Dra. MARTHA YUCRA SOTOMAYOR

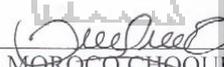
SEGUNDO MIEMBRO

:

  
Lic. EDUARDO CABELLO YACOLCA

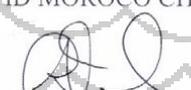
DIRECTOR DE TESIS

:

  
Lic. DAVID MOROCO CHOQUENA

ASESOR DE TESIS

:

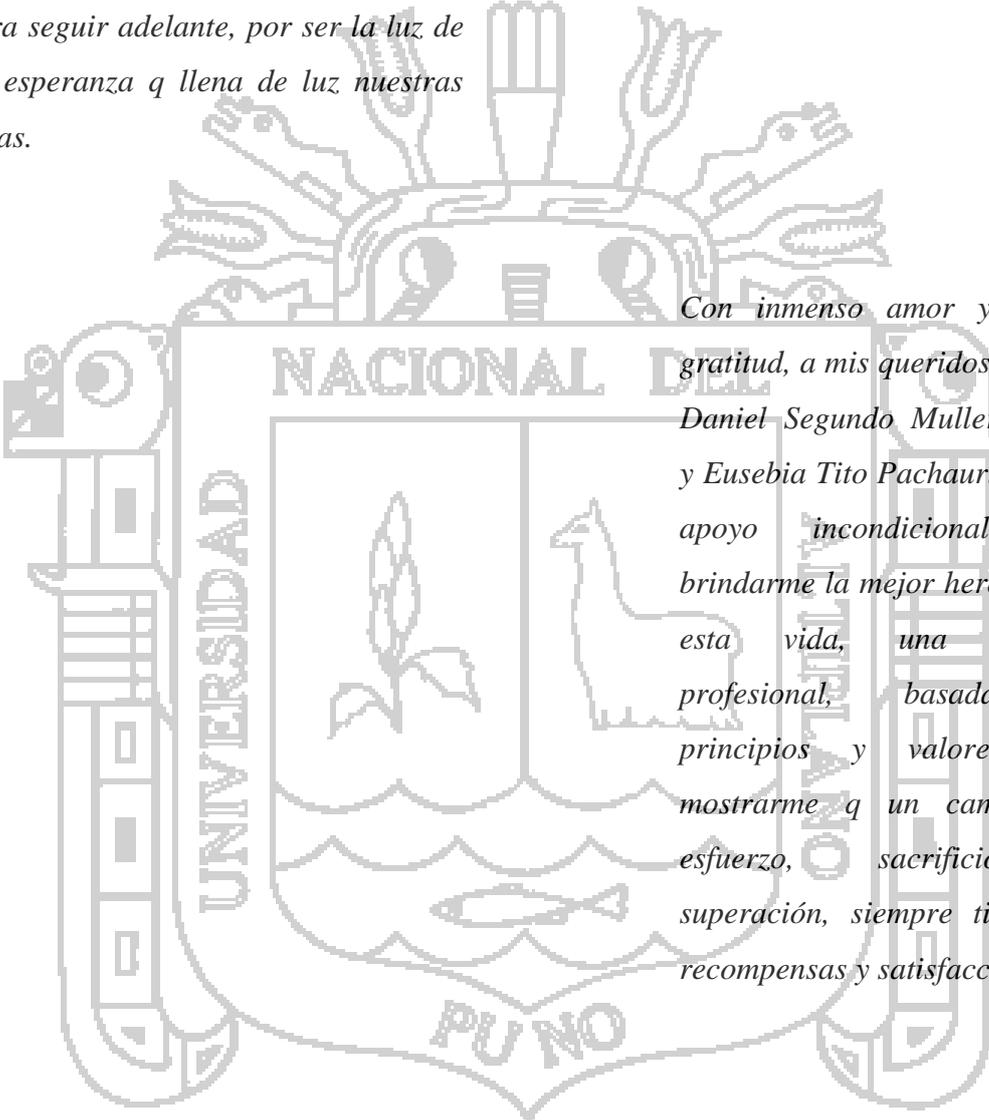
  
M.Sc. ADELAIDA VIZA SALAS

PUNO - PERÚ  
2015

Área: Nutrición clínica  
Tema: Antioxidantes en la salud y enfermedad

## DEDICATORIA

*A Dios por darme vida y fortaleza para seguir adelante, por ser la luz de mi esperanza q llena de luz nuestras vidas.*



*Con inmenso amor y eterna gratitud, a mis queridos padres: Daniel Segundo Muller Mayta y Eusebia Tito Pachauri por su apoyo incondicional, por brindarme la mejor herencia de esta vida, una carrera profesional, basada en principios y valores, por mostrarme q un camino de esfuerzo, sacrificio y superación, siempre tiene sus recompensas y satisfacciones.*

*A mi preciosa hija Daniela Saori que desde el cielo ilumina cada paso que doy y me da fuerza para seguir adelante.*

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo reconocimiento a todas aquellas personas que hicieron posible esta investigación. Todos y cada uno de ellos que dedicaron su tiempo contribuyendo de esta manera con sus aportes al enriquecimiento de la presente investigación.

---

### **Mi sincero agradecimiento:**

- A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.
- A la Facultad Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana, Al señor Decano y docentes, quienes me impartieron sus conocimientos y experiencias durante mi formación profesional.
- Lic. David Moroco Choqueña, director de tesis del presente trabajo de investigación; por su guía y orientación constante, dedicar su tiempo, brindar sus valiosos conocimientos y aportes para la realización de esta tesis.
- M.Sc. Adelaida Viza Salas, Asesora de la presente investigación, por sus consejos, orientación constante y apoyo moral.
- Cada docente de la escuela profesional de nutrición humana de la UNA – PUNO, que se encargó de brindarme todos sus conocimientos en toda mi formación personal y profesional, por enseñarme que la ética profesional está por encima de toda circunstancia.
- A los miembros del jurado, Dra. Delicia V. Gonzales Arestegui, Dra. Martha Yucra Sotomayor, Lic. Eduardo Cabello Yacolca, por su interés, la rigurosidad y sobretodo el profesionalismo demostrado en cada revisión y aprobación de la presente investigación.
- A todas y cada una de las personas que directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo y culminación de esta investigación.



**INDICE**

INTRODUCCION.....	7
-------------------	---

**CAPITULO I**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
• ANTECEDENTES NACIONALES .....	18
• ANTECEDENTES LOCALES.....	19

**CAPITULO II**

2. MARCO TEORICO.....	20
2.1 CHÍA (salvia hispánica L.).....	20
2.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	26
2.3 ANTIOXIDANTES .....	27
2.4 RADICALES LIBRES.....	34
2.4.1 Clases de radicales libres.....	35
2.4.2 RADICALES LIBRES GENERADOS EN EL METABOLISMO HUMANO .....	38
2.6 ACIDO GALICO .....	40
2.7 MÉTODO CUPRAC ( <i>Copper Reduction Assay, Apak, et al. 2004</i> ).....	40
2.8 METODO FOLIN-CIOCALTEAU .....	41
2.9 MARCO CONCEPTUAL.....	42
2.10 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	43
2.10.1 OBJETIVO GENERAL: .....	43
2.10.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	43

**CAPITULO III**

3.1 METODOS Y MATERIALES .....	44
3.1.1 Diseño del estudio .....	44
3.1.2 Población y muestra .....	44
3.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	45
3.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	46
3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLLECCION DE DATOS .....	48

**CAPITULO IV**

CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	60

**INDICE DE TABLAS :**

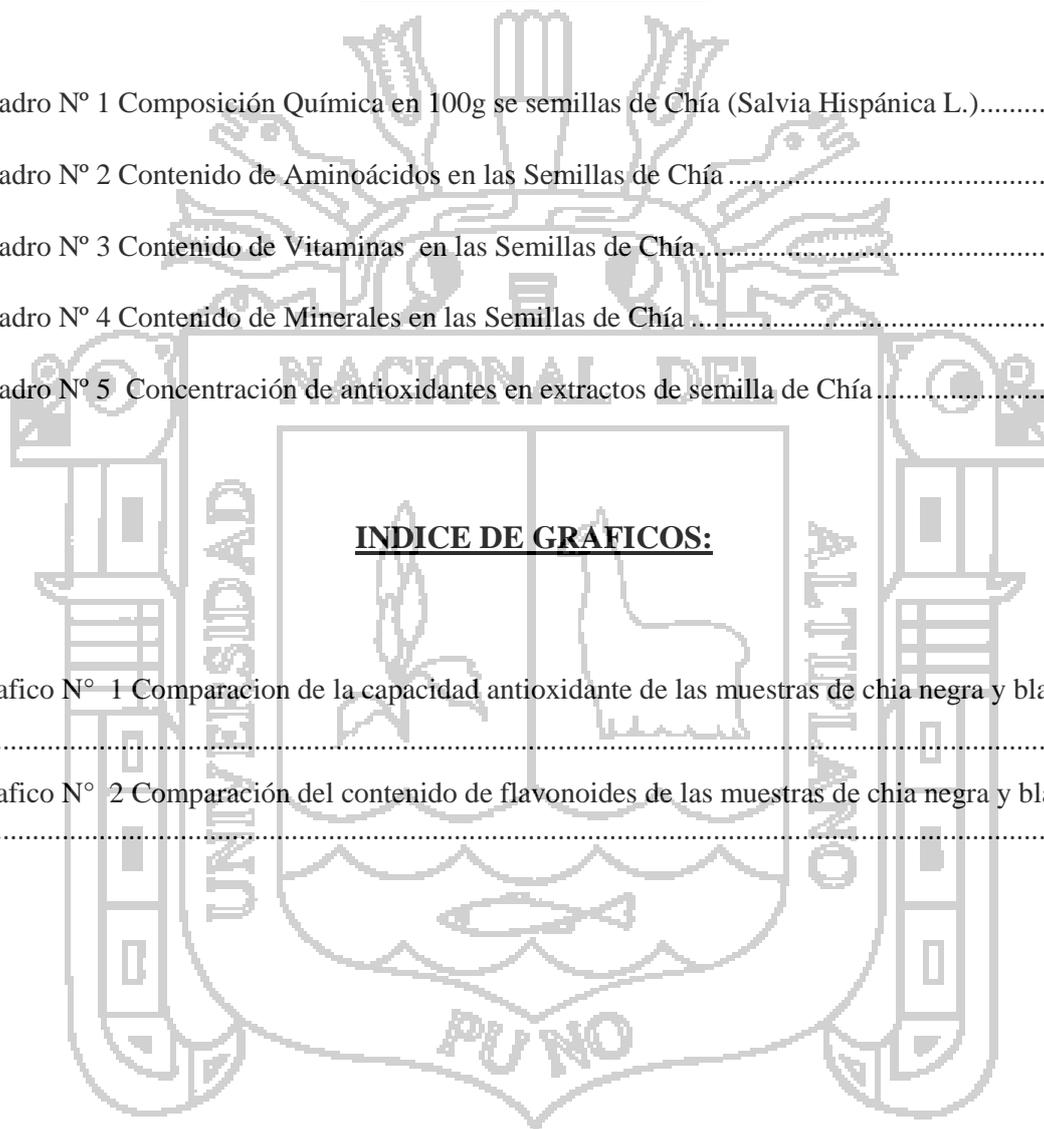
Tabla N° 1 Capacidad antioxidante de la muestra de chia negra y blanca .....	49
Tabla N° 2 Contenido de flavonoides de la chia negra y blanca .....	52

**INDICE DE CUADROS:**

Cuadro N° 1 Composición Química en 100g se semillas de Chía (Salvia Hispánica L.).....	23
Cuadro N° 2 Contenido de Aminoácidos en las Semillas de Chía .....	23
Cuadro N° 3 Contenido de Vitaminas en las Semillas de Chía.....	24
Cuadro N° 4 Contenido de Minerales en las Semillas de Chía .....	24
Cuadro N° 5 Concentración de antioxidantes en extractos de semilla de Chía.....	25

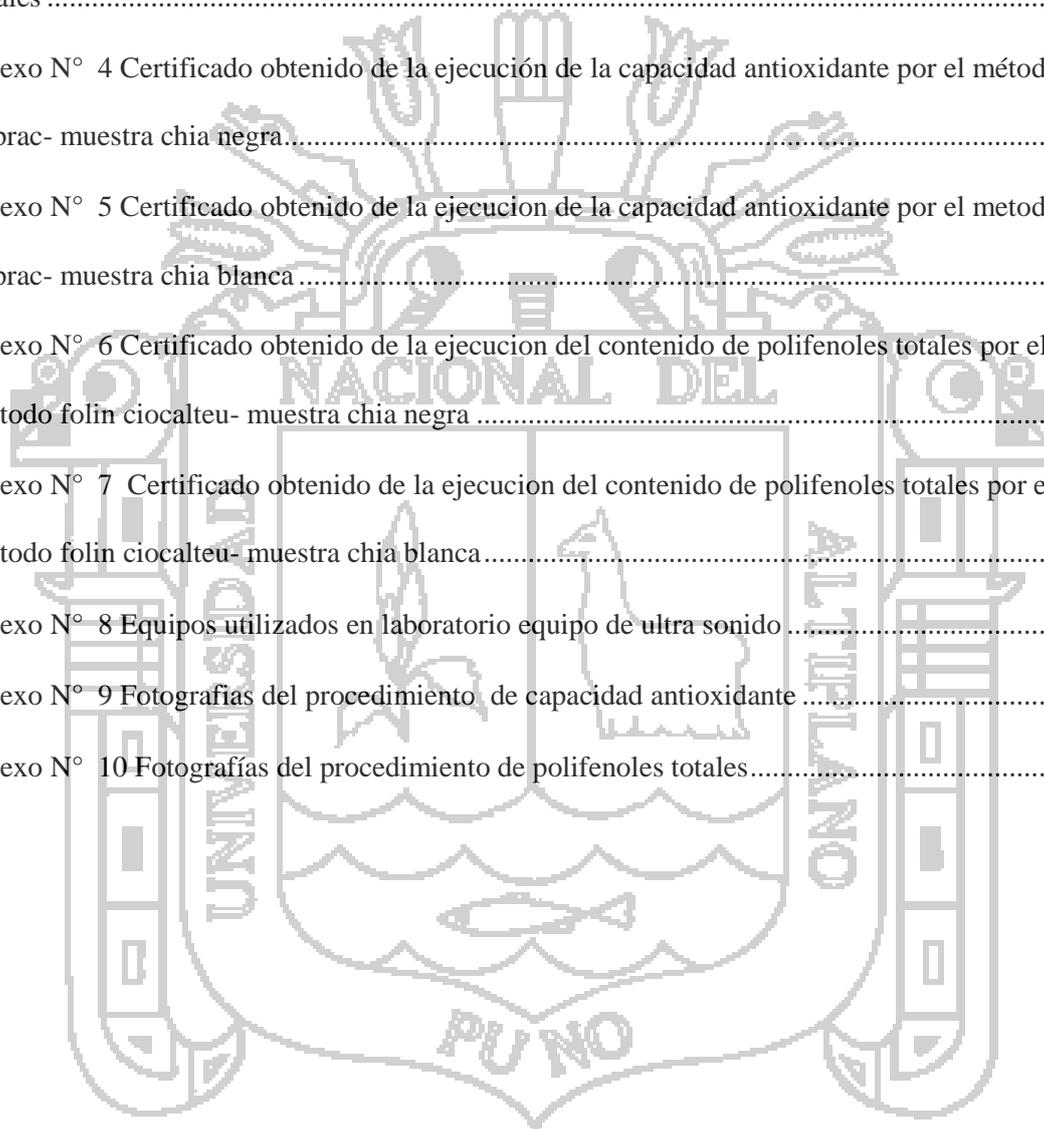
**INDICE DE GRAFICOS:**

Grafico N° 1 Comparación de la capacidad antioxidante de las muestras de chia negra y blanca. .....	54
Grafico N° 2 Comparación del contenido de flavonoides de las muestras de chia negra y blanca .....	56



**INDICE DE ANEXOS:**

Anexo N° 1 Ficha de recolección de datos para los resultados de las muestras de chia .....	64
Anexo N° 2 Anexo n° 02 curva de calibración cuprac – capacidad antioxidante .....	65
Anexo N° 3 Curva estandar segun acido galico – metodo folin ciocalteau para polifenoles totales .....	66
Anexo N° 4 Certificado obtenido de la ejecución de la capacidad antioxidante por el método cuprac- muestra chia negra.....	67
Anexo N° 5 Certificado obtenido de la ejecución de la capacidad antioxidante por el metodo cuprac- muestra chia blanca .....	68
Anexo N° 6 Certificado obtenido de la ejecución del contenido de polifenoles totales por el metodo folin ciocalteau- muestra chia negra .....	69
Anexo N° 7 Certificado obtenido de la ejecución del contenido de polifenoles totales por el metodo folin ciocalteau- muestra chia blanca .....	70
Anexo N° 8 Equipos utilizados en laboratorio equipo de ultra sonido .....	71
Anexo N° 9 Fotografías del procedimiento de capacidad antioxidante .....	72
Anexo N° 10 Fotografías del procedimiento de polifenoles totales.....	73



## RESUMEN

El presente proyecto de investigación que lleva por título: “Capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre las semillas de chía negra (salvia nativa) y chía blanca (Salvia hispánica L), Puno-Perú, 2015”.

El objetivo de este estudio se centró en la determinación de la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides entre las semillas de chía negra (salvia nativa) y chía blanca (Salvia hispánica L). El tipo de estudio fue descriptivo de corte transversal. Se utilizó el método CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) para determinar la capacidad antioxidante y el método de Folin-Ciocalteu para determinar el contenido de flavonoides en polifenoles totales.

Los resultados obtenidos mostraron que la semilla de chía negra, fue la que presentó mayor capacidad antioxidante con 7.50 mmol/g TROLOX a comparación de la semilla de chía blanca que presentó 6.50 mmol/g TROLOX, en cuanto al contenido de flavonoides en polifenoles totales se obtuvo que la semilla de chía negra presentó 295 mg Ácido Gálico/L a comparación de la semilla de chía blanca que presentó 185.91 mg Ácido Gálico/L.

El consumo de las semillas de Chía se ha incrementado básicamente por el contenido de fibra soluble la cual es beneficioso para la disminución de peso; se busca con la investigación darle un nuevo enfoque a este producto y sea consumido no solo para la disminución de peso, sino también por la capacidad antioxidante que determina el contenido de antioxidantes presentes en los alimentos, como es la chía blanca y chía negra, estos antioxidantes permiten prevenir reacciones oxidativas de degradación, gracias a la inhibición del proceso de envejecimiento celular.(7)

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante - Flavonoides - Semillas de Chía blanca y negra.

## ABSTRACT

This research project entitled "Capacity antioxidant and flavonoid content between black chia seeds (native sage) and white chia (*Salvia hispanica* L), Puno-Peru, 2015".

The aim of this research project was determine the antioxidant capacity and content of flavonoids among the Chia seeds (*Salvia hispanica* L) black and white. The type of study was cross-sectional descriptive. The CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) method was used to determine the antioxidant capacity and the Folin-Ciocalteu to determine the content of total polyphenol flavonoids.

The results showed that black chia seed, was the one with the highest antioxidant capacity 7.50 mmol / g compared TROLOX seed white Chia I present 6.50 mmol / g TROLOX, on the content of flavonoids in total polyphenols obtained the black chia seed present 295 mg gallic acid / L compared to white chia seed that present 185.91 mg gallic acid / L.

The consumption of chia seeds has basically increased the content of soluble fiber which is beneficial for weight loss; seeks to research refocus this product is consumed not only for weight loss but for the antioxidant capacity that determines the content of antioxidants in foods, such as white chia and black chia, these antioxidants allow prevent oxidative degradation reactions due to the inhibition of cellular aging process.

Keywords: antioxidant capacity - Flavonoids - black and white seeds Chia.

## INTRODUCCION

El presente estudio tuvo como objetivo determinar a través de métodos y técnicas la capacidad antioxidante y contenido de flavonoides de las semillas de chía negra y blanca.

En la actualidad la chía es una de la fuentes vegetales más grandes de omega un ácido graso esencial para la vida del ser humano. Contiene Omega 3 (48 %), Omega 6 (36 %), Omega 9 (9 %) de los ácidos grasos presentes, proteínas (24 -25 %) y antioxidantes. Su consumo le da energía al cerebro, limpia el torrente sanguíneo, y lleva los nutrientes a las células.

A pesar de que la semilla de chía es una fuente importante de nutrientes, el conocimiento sobre sus compuestos nutricionales y propiedades funcionales no es muy amplio, puesto que la ciencia aún no ha dado respuesta a las interrogantes del planteamiento del problema, es por ello uno de los motivos que estimula a la elaboración y ejecución de este trabajo de investigación, bien sea para ampliar su producción en países que son aptos para su cultivo como lo es el Perú, o para el uso de materia prima de sus subproductos, con el fin de incorporarlos en matrices alimentarias o productos farmacéuticos o finalmente, como producto para ser consumido directamente como alimento funcional.(1)

Está demostrado el efecto protector de los antioxidantes biológicos contra el riesgo de enfermedades cardiovasculares, coronarias, crónicas degenerativas, cáncer, arterioesclerosis, diabetes, artritis reumática, párkinson y alzhéimer retardan el proceso de envejecimiento celular. (15)

A continuación se detalla el contenido del informe de investigación:

Capítulo I se encuentra el planteamiento del problema, orientado a investigaciones con similitud, teniendo de referencia trabajos de investigación.

Capitulo II se detalla el marco teórico, donde se describen conceptos de temas relacionados a esta investigación.

Capitulo III refiere al diseño metodológico utilizado, tanto los métodos, técnicas e instrumentos aplicados.

Capitulo IV presentación y discusión de los resultados finales.

Es por ello que el presente trabajo de investigación es una contribución al mejoramiento, mantención y prevención de la salud y bienestar del organismo, también esta investigación es un aporte más al conocimiento de las propiedades nutricionales de los alimentos de origen vegetal, dicho trabajo intenta servir como base de datos inicial para futuras investigaciones tanto en el campo nutricional como en el de tecnología de alimentos.



## CAPITULO I

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hay desconocimiento de la calidad de las propiedades nutricionales y componentes funcionales de diversos alimentos como la chía y está asociado al bajo consumo de los alimentos con buen aporte nutricional. La chía como un antioxidante es capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, la oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación, oxidándose ellos mismo. Estos alimentos proporcionan protección contra enfermedades, incluyendo el cáncer y enfermedades crónicas no transmisibles causantes de una elevada mortalidad mundial por lo cual deben de estar presente en nuestra dieta diaria para poder beneficiarnos de esto componentes.

Los antioxidantes son esencialmente importantes para el organismo por la capacidad que tienen de proteger a las macromoléculas biológicas como el daño oxidativo, entre los más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides, antocianinas, carotenoides, polifenoles y recientemente estudios sobre los fitatos.

Los radicales libres son protagonistas de numerosas enfermedades que provocan reacciones en cadena, estas reacciones solo son eliminadas por la acción de otras moléculas en estos procesos tóxicos en el organismo, los llamados sistemas antioxidantes defensivos. Un exceso de radicales libres suele iniciar el daño de la pared vascular y en este proceso se encuentra implicado el colesterol LDL; se ha demostrado en la incidencia de enfermedades cardiovasculares con suplementos individuales de antioxidantes. (15)

La alimentación es una necesidad básica humana, aporta los nutrientes necesarios para desempeñar distintas actividades a lo largo del día. Existe una estrecha relación entre el estado nutricional y la salud, ya que para mantener dichas funciones el organismo, necesita materiales suficientes, que le son proporcionados por los alimentos y su ingestión adecuada, en cantidad y calidad las cuales proporcionan un buen estado nutricional por consiguiente una buena salud. La incidencia de enfermedades crónico degenerativas han incrementado un 80%, ocasionando muertes en hombres y mujeres,

esto ocurre sobre todo en países de bajo ingresos económicos recalcando así la importancia de la prevención y el consumo de alimentos con propiedades antioxidantes, que se asocien a disminuir los riesgos de enfermedades. (16)

Por este motivo, la ingesta de chía es una alternativa de solución, porque genera un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades cardiovasculares, circulatorias, oncologías, neurologías. El consumo de las semillas de chía dependerá de la información de su valor nutricional a la población para así poder mejorar la calidad en la alimentación y por consecuente la salud.

Por todo lo expuesto anteriormente, se ha visto por conveniente realizar el siguiente estudio de investigación, para determinar la “**capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*) Puno-Perú, 2015**”.

#### FORMULACION DEL PROBLEMA

- **Enunciado general**
  - ✓ ¿Cuál es la capacidad antioxidante y contenido de flavonoides de las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*)?
- **Enunciado específico**
  - ✓ ¿Cuál es la capacidad antioxidante de las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*)?
  - ✓ ¿Cuál es el contenido de flavonoides de las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*)?
  - ✓ ¿Cuál es la diferencia entre la capacidad antioxidante de las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*)?
  - ✓ ¿Cuál es la diferencia entre el contenido de flavonoides de las semillas de chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*)?

## 1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### • ANTECEDENTES INTERNACIONALES

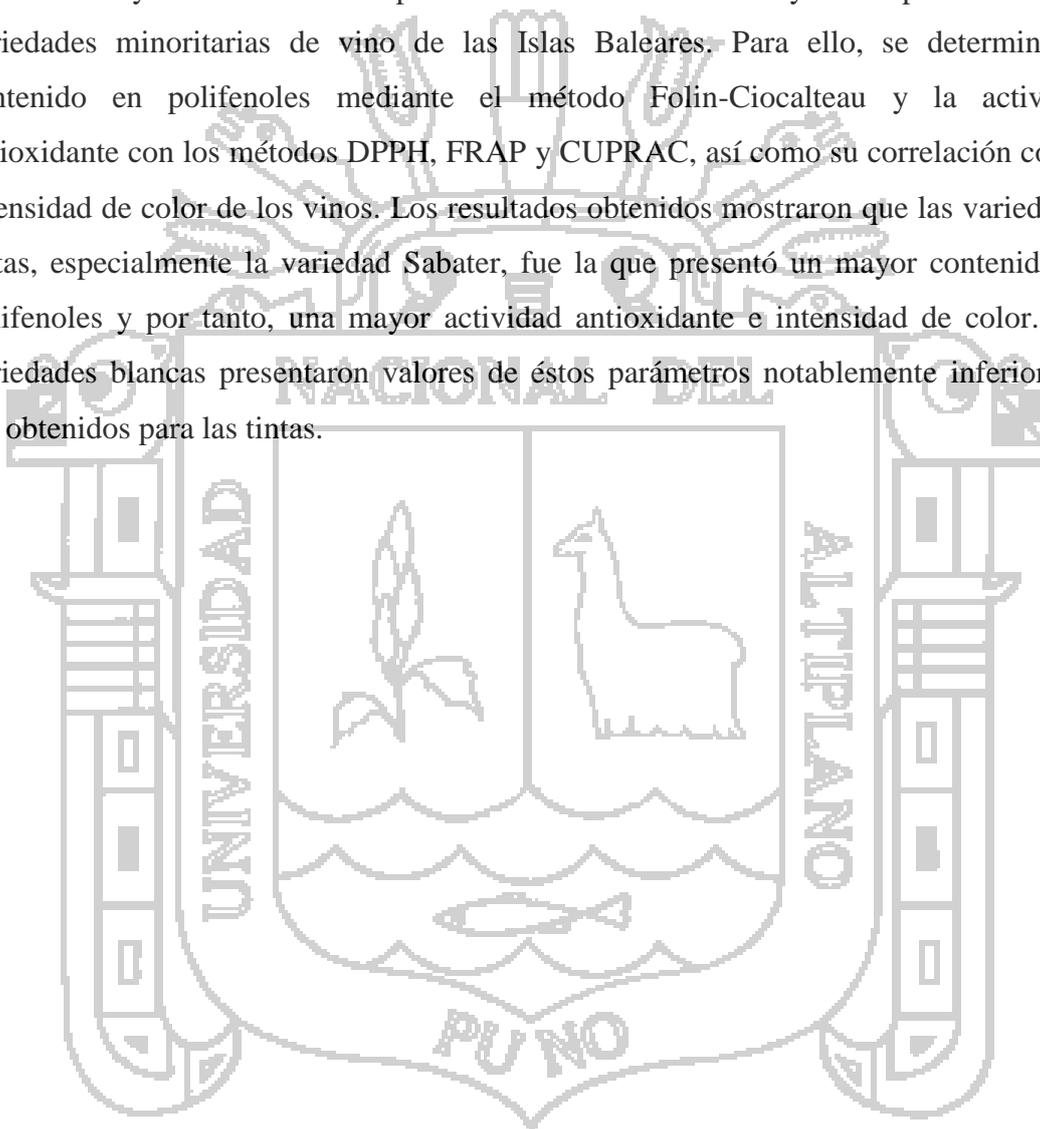
Gutiérrez P. (2007) Chile. Realizo el estudio titulado “Elaboración de galletas con semilla de chía (salvia hispánica) como alimento funcional con aporte de ácidos grasos omega-3”. Que tuvo por objetivo elaborar galletas con semilla de chía (salvia hispánica). Cuya metodología fue de análisis de efectos del diseño experimental y de los criterios tecnológicos se obtuvo la formulación de galletas con semilla de chía con 13% de materia grasa y 7% de semillas de chía mediante un perfil de ácidos grasos realizado a la formulación óptima se determinó un contenido de 639 mg de omega-3 por porción (3 galletas de 10,5 g cada una), y se comprobó que no hubo pérdidas de omega-3 por exposición a temperatura de horneado (150 C° por 11 min). Se evaluó la aceptabilidad del producto con 73 potenciales consumidores y se determinó una buena aceptabilidad general utilizando escala hedónica de 7 puntos, obteniendo un promedio de 5,8 (cerca a “me gusta”). El estudio de vida útil realizado a temperatura ambiente con el producto envasado en bolsas laminadas (polipropileno biorientado metalizado, mepro 17 µm y polietileno de baja densidad, PEBD 25 µm) donde se controlaron parámetros sensoriales e instrumentales, estableció una duración de por lo menos tres meses a temperatura ambiente sin deterioro de la calidad sensorial y conservando el aporte de ácidos grasos omega-3 por porción.

Jaramillo G. (2013) Colombia. Realizó el estudio titulado “La chía (salvia hispánica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables”. Que tuvo por objetivo catalogar la importancia del consumo de chía (salvia hispánica L.) y la metodología fue de estudio descriptivo de corte transversal y se concluyó que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados, en especial el alfa-linolénico (C18:3n-3), de mayor abundancia en la semilla de chía, se ha caracterizado por sus grandes efectos nutricionales, además de dar origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante (PGE3, PGI3, TXA4 Y LTB5). Debido a la composición que presenta la semilla de chía, ha sido posible que tanto la semilla como los subproductos derivados de ella (aceite, harina, aceite micro encapsulado) puedan ser incorporados a diferentes matrices alimentarias como panificación, bebidas, cereales, mezclas secas, entre otras, para dar un valor agregado.

Hernández G. Miranda C. (2008) México. Realizó el estudio titulado “Caracterización Morfológica de Chía (*Salvia hispánica*)”. Que tuvo por objetivo caracterizar morfológicamente la chía (*Salvia hispánica*). Se registraron 23 características morfológicas de hoja, tallo, inflorescencia, flor y semilla. Los análisis de componentes principales y de agrupamiento permitieron establecer seis grupos principales de las poblaciones de chía que se asociaron por similitudes en el ancho y largo de la corola, el ancho del cáliz, la dehiscencia de semilla, el diámetro del tallo, los días a inicio de la floración y el número de ramas. Se obtuvo que los grupos de chía cultivada procedentes de Jalisco, Puebla y América Central, en comparación con el grupo de chía silvestre, desarrollaron la corola más ancha, más grande y expuesta; la inflorescencia más larga, más ancha y compacta; la semilla de mayor peso e indehiscente. En cambio, el grupo de chía cultivada colectada en Guerrero mostró el tamaño de la corola, el peso de la semilla y la dehiscencia de semilla similares al grupo de chía silvestre.

Gonzales F. (2010) México. “Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de chía (*salvia hispánica* L.), mediante electroforesis capilar.” En esta investigación se estudiaron 4 tipos de semilla de chía de los estados de Puebla y Colima y el aceite extraído de la misma, determinando la capacidad antioxidante de cada muestra por el método del ABTS y la cantidad de fenoles totales con el reactivo de Folin-Ciocalteu e identificación de los compuestos fenólicos mediante la técnica de electroforesis capilar la cual es una herramienta muy útil en el análisis de alimentos ya que disminuye la generación de contaminantes, el tiempo de análisis y costo de los mismos. Los resultados obtenidos mostraron que la fracción desengrasada de la semilla de chía contiene una elevada capacidad antioxidante (9.87 mmol/g muestra). Mientras que el aceite de chía muestra valores de fenoles totales comparables (120 mg ácido gálico/L) en relación al aceite de olivo (133.6 mg ácido gálico/L), en lo que respecta al análisis mediante electroforesis capilar se lograron identificar hasta 9 compuestos fenólicos en el caso de la semilla desengrasada; ácido ferúlico, ácido vainillínico, ácido trans-cinámico, ácido gálico, ácido cafeico, ácido clorogénico, miricetina, quercetina, kaempferol. En el caso del aceite se logró identificar hasta 4 compuestos fenólicos (dependiendo del tipo de aceite); ácido trans-cinámico, ácido clorogénico, ácido p-cumárico y quercetina.

Joana M., Carme G., (2012) Colombia “composición fenólica y actividad antioxidante de variedades minoritarias de vino de las islas baleares” La actividad antioxidante de determinados componentes, como podrían ser los compuestos fenólicos presentes en un vino, permiten prevenir reacciones oxidativas de degradación, y por tanto, tienen un efecto positivo contra determinadas enfermedades, gracias a la inhibición del proceso de envejecimiento celular. El objeto de este estudio se centró en la evaluación del potencial antioxidante y del contenido en polifenoles de vinos blancos y tintos procedentes de variedades minoritarias de vino de las Islas Baleares. Para ello, se determinó el contenido en polifenoles mediante el método Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante con los métodos DPPH, FRAP y CUPRAC, así como su correlación con la intensidad de color de los vinos. Los resultados obtenidos mostraron que las variedades tintas, especialmente la variedad Sabater, fue la que presentó un mayor contenido en polifenoles y por tanto, una mayor actividad antioxidante e intensidad de color. Las variedades blancas presentaron valores de éstos parámetros notablemente inferiores a los obtenidos para las tintas.



- **ANTECEDENTES NACIONALES**

Salazar S. (2011) Lima. Realizó el estudio titulado “Compuestos fenólicos, actividad antioxidante, contenido de resveratrol y componentes del aroma de 8 vinos peruanos”. Que tuvo por objetivo determinar los compuestos fenólicos, actividad antioxidante, contenido de resveratrol y componentes del aroma de 8 vinos peruanos. Con un estudio observacional de diseño analítico de corte transversal. Se encontró que las densidades relativas de los vinos están dentro del rango de 0,9916 a 1,0174 g/mL, mientras que los valores de ph varían de 3,18 a 3,97. Mediante métodos espectrofotométricos se pudo cuantificar la concentración de fenoles totales (2374,25 a 3610,43 mg/L), flavonoides totales (1869,19 a 3138,85 mg/L) y antocianinas totales (102,64 a 317,50 mg/L). Por medio de cromatografía líquida de alta performance (HPLC) se pudo detectar la presencia del compuesto trans-resveratrol en 6 de los 8 vinos peruanos evaluados. El vino Tabernerio Malbec-Merlot contiene la mayor concentración de dicho compuesto ( $0,56 \pm 0,03 \mu\text{g/ml}$ ) y, además, es el que presenta la mejor actividad antioxidante en el test de DPPH. Por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) se pudo determinar que los compuestos volátiles de mayor concentración en el aroma de los vinos fueron el ácido ascórbico, feniletanol, ácido propanoico y monoetil éster del ácido butanodioico.

Arnao, I (2012) Cajamarca. Realizó el estudio titulado “Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón)”. Cuyo objetivo era evaluar la capacidad antioxidante de los extractos de raíz y hojas de yacón. El tipo de estudio fue observacional de diseño analítico de corte transversal. Donde se emplearon extractos acuosos al 4% (p/v) de raíces de yacón y al 2% (p/v) de hojas procedentes del departamento de Cajamarca. Se evaluó la capacidad antioxidante in vitro, mediante la prueba de DPPH y el contenido total de fenoles totales y flavonoides de ERY y EHY y de sus mezclas en las proporciones 80/20, 60/40, 50/50, 40/60 y 20/80, respectivamente.

- **ANTECEDENTES LOCALES**

Lila H. (2014) Puno. Realizó el estudio titulado “Capacidad antioxidante en tres variedades de papa nativa (*solanum tuberosum*) imilla negra, imilla roja y ccompis”. Tuvo por objetivo determinar la capacidad antioxidante de tres variedades de papa nativa (*solanum tuberosum*) imilla negra, imilla roja y ccompis. El tipo de estudio fue descriptivo, observacional y transversal. Se obtuvo que la variedad de papa nativa imilla negra, fue la que presentó un mayor contenido en polifenoles con 139.84 mgGAE/L por tanto, una mayor actividad antioxidante de 3.44  $\mu\text{mol/g}$  trolox. La variedad de papa nativa imilla roja presentó, valores de 2.72  $\mu\text{mol/g}$  trolox en capacidad antioxidante y un 126.94 mgGAE/L de polifenoles totales. Y por último se tuvo, la variedad de papa nativa ccompis con un 2.61  $\mu\text{mol/g}$  trolox y 122.97 mgGAE/L en actividad antioxidante y en polifenoles totales respectivamente. Estos resultados demostraron, que las papas nativas contienen antioxidantes, haciéndolo un alimento con valioso contenido nutricional que debe ser incorporado y valorado en nuestra alimentación.

Hally H. (2014) Puno. Realizó un estudio titulado “Análisis químico proximal y antioxidantes de las dos variedades de quinua: negra collana y rosada pasankalla, desaponificada cruda y cocida.” Cuyo objetivo fue evaluar la estabilidad después de la cocción de las dos variedades de quinua mediante el contenido químico proximal, y antioxidantes (polifenoles totales y fitatos totales). El tipo de estudio fue descriptivo, analítico y transversal. Se obtuvo que: los granos de quinua tienden a perder estabilidad después del proceso de cocción sin embargo la variedad negra collana tiene mayor contenido de fibra, grasa y proteínas en relación a la variedad rosada pasankalla que tiene mayores concentraciones de humedad, ceniza, carbohidratos, polifenoles, fitatos y capacidad antioxidante, el procesamiento térmico afectó la composición química proximal y el contenido de antioxidantes, ocasionando una disminución significativa en componentes como grasa, fibra, proteínas, y fitatos en ambas muestras se reduce en un rango de 29-30% la quinua negra collana y rosada pasankalla respectivamente debido al tiempo y temperatura de cocción y a la dilución de los componentes en agua, el contenido de polifenoles también se ve afectado por el procesamiento térmico reduciendo alrededor 12-13% del contenido inicial. En cuanto la capacidad antioxidante los resultados fueron 5.41 mmol/g trolox negra collana, 5.86 mmol/g trolox rosada pasankalla y contenido de polifenoles 141.672 mgGAE/L negra collana, 144.385 mgGAE/L rosada pasankalla.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 CHÍA (salvia hispánica L.)

La chía es una planta mexicana de la familia de las labiadas, herbácea, anual, de 1 a 1.50 m. de altura. Por siglos la gente nativa de América la ha utilizado como su alimento básico, ya que ella es una fuente completa de proteínas, proporcionando todos los aminoácidos esenciales. Es un producto sustentable y ecológico, por el alto contenido en aceites esenciales (Omega 3 y Omega 6) actúan como una extremada y potente repelente de insectos, evitando la necesidad de usar químicos para proteger los cultivos. No tiene Colesterol y es libre de Gluten. Puede almacenarse por años sin necesidad de empaque y condiciones especiales de almacenamiento. La inigualable cantidad de Omega 3 resulta en los antioxidantes naturales que contiene y hacen imposible la oxidación de los lípidos alimenticios. La semilla de chía posee desde un 19% a un 23% de proteínas, este porcentaje se compara favorablemente con otros granos nutricionales como el trigo (14%), maíz (14%) arroz (8,5%). Sin embargo a diferencia de otros granos, los aminoácidos de las proteínas de chía no tienen factores limitantes en la dieta de las personas adultas. Como fuente de proteínas la chía, luego de su ingestión, se digiere y absorbe muy fácilmente, esto resulta como un rápido transporte a los tejidos y utilización por parte de las células. La semilla de chía es una buena fuente de: vitamina B-calcio-fósforo-potasio-zinc-cobre. Los extractos de agua y metanol de la semilla, una vez que se ha triturado, demostraron una fuerte actividad antioxidante. (1)

La chía es una fuente de omega3, que elimina la necesidad de utilizar antioxidantes artificiales como las vitaminas. De esta forma los antioxidantes de la semilla chía le otorgan una enorme ventaja sobre todas las demás fuentes de ácidos grasos omega3, ya que permitan que pueda almacenarse por años, sin que se deteriore el sabor, el olor o el valor nutritivo. La semilla Chía es el cereal con el más alto contenido de Omega3 (en un perfil químico un 63%, Certificado por la Universidad de Concepción), que es un ácido graso esencial que nuestro metabolismo es incapaz de producir y que por lo tanto es necesario aportarlos de forma exógena (con la dieta o con suplementos ricos en ellos).

Los ácidos grasos esenciales están presentes en cada célula sana del cuerpo y son críticos para el normal crecimiento y la funcionalidad de células, nervios y órganos. Las

deficiencias en ácidos grasos esenciales se relacionan con una gran variedad de problemas, incluyendo algunos de gran importancia como son enfermedades cardiacas, cáncer y diabetes que se destaca por ser un trastorno caracterizado por una disminución en la producción de insulina por parte del páncreas o bien por la reducción de la capacidad de las células de utilizar la insulina eficientemente. Se ha estimado que más del 80% de la población americana ingiere cantidades insuficientes de ácidos grasos esenciales en su dieta. Los ácidos grasos omega3 reducen la tendencia de la formación de trombos, ya que aumentan el tiempo de coagulación; disminuyen la agregación plaquetaria, la viscosidad sanguínea y el fibrinógeno y aumentan la deformabilidad eritrocitaria.

Está demostrado que estos ácidos grasos desempeñan un papel fundamental en la mejoría de las enfermedades cardiovasculares y de fenómenos inflamatorios como: Artritis reumatoide y por lo tanto, en la disminución de diversas patologías crónicas, como por ejemplo, el asma, siendo además imprescindibles durante el embarazo ya que son necesarios para el desarrollo de la retina y el cerebro, también se ha comprobado sus efectos en la reducción del tamaño de tumores, como el de mama o el de colon. Por eso sus beneficios son múltiples. Actuando en las enfermedades que afectan al sistema cardiovascular es decir tanto al corazón, como al cerebro y a los vasos sanguíneos. Debido a que las principales causas de las enfermedades cardiovasculares son: la arteriosclerosis, arritmias, anomalías congénitas. (1)

### **2.1.1 CARACTERÍSTICAS BOTANICAS DE LA CHIA**

La chía tiene características herbáceas, por lo tanto, sus tallos no se encuentran lignificados (no tienen corteza). Esta planta puede alcanzar a medir alturas cercanas a un metro. Las hojas de la chía se disponen de manera opuesta, estas hojas miden aproximadamente seis centímetros de largo y cuatro de ancho. Las hojas de la chía son de color verde claro.

Las flores de la chía tienen una corola que posee pétalos que son habitualmente de color blanco o lila. Las flores de esta planta son hermafroditas. (2)

### **2.1.2 VARIEDADES DE CHIA**

#### **2.1.2.1 CHIA NEGRA**

En los últimos años, las investigaciones sobre chía negra corroboraron su alto contenido en aceites cercano al 40 % y dentro de ellos, el porcentaje natural más alto de ácido alfa linolénico (60-63 %) y 20 % de ácido linoleico. El ácido alfa-linolénico es un ácido graso insaturado Omega-3, importante para la nutrición humana por sus efectos cardioprotectores. Una notable diferencia entre la chía y otras fuentes de Omega-3, es su bajo contenido en sodio, por lo tanto, para personas que sufren presión sanguínea alta y necesitan una dieta baja en sodio, las semillas de chía ofrecen una enorme ventaja. El contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos y fibra es significativamente mayor que el de los cereales más importantes del mundo (arroz, cebada, avena, trigo y maíz). Las proteínas de chía, a diferencia de los granos de cereal, no tienen gluten, la Asociación Celíaca Argentina aprobó su uso en pacientes celíacos. Es una buena fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes. La creciente preferencia de alimentos basados en vegetales, junto con la necesidad de equilibrar el contenido de ácidos grasos esenciales de la dieta disminuyendo el consumo de omega-6 y aumentando el de omega-3, posiciona a la chía como uno de los cultivos importantes del mundo. (5)

#### **2.1.2.2 CHIA BLANCA**

Las semillas de Chía blanca destacan por su riqueza en componentes nutricionales como los ácidos grasos poliinsaturados, proteínas, fibra y vitaminas del grupo B. Los aceites de la semilla constituyen el 32%-39% del total, donde el 60% de éstos es el ácido  $\alpha$ -linolénico (omega-3, precursor de los ácidos grasos DHA ácido docosahexanoico y EPA o ácido eicosapentanoico) y el 20% es ácido  $\alpha$ -linoleico (omega-6). Se debe tener en cuenta, que al ser una fuente de origen vegetal, no contiene colesterol, mientras que otras fuentes de AGE como el pescado, presentan colesterol y ácidos grasos saturados.

Las semillas contienen cerca de un 20% de proteínas, mientras que otros cereales como el trigo (14%), maíz (14%), arroz (8,5%), avena (15,3%) y cebada (9,2%) las contienen en menos proporción. Son de muy fácil digestión y de rápida absorción, con lo que llegan rápido para nutrir a células y tejidos. Entre los aminoácidos esenciales que contiene, destaca la lisina, aminoácido limitante en los otros cereales. Los hidratos de carbono engloban entre el 35% y 40% de su peso final. Dentro de éstos, no se encuentran azúcares (0% de monosacáridos y disacáridos), y casi el 90% es fibra y el resto fécula. La mayoría de la fibra es soluble y de alto peso molecular (mucílagos), con

una extraordinaria capacidad de retención de agua. En materia de vitaminas, minerales y oligoelementos, la chía posee gran riqueza en calcio, hierro, magnesio, potasio, zinc, manganeso, fósforo, cobre y boro, es pobre en sodio, destaca la presencia de vitamina C, vitamina A, vitaminas del grupo B y sobretodo ácido fólico. Otros nutrientes a destacar son la gran variedad de compuestos con potente actividad antioxidante, principalmente flavonoides. Por este motivo sus productos derivados, como el aceite o harina, no necesiten usar antioxidantes adicionales para su conservación.

Según estudios y analíticas realizadas, los antioxidantes más destacados en las semillas de Chía son: la quercetina, la mircetina, el kaempferol, los glicósidos flavonoides; y en menos concentración el ácido cafeico y el ácido clorogénico. Estas sustancias ayudan a mantener más estable la composición lipídica de la semilla y que su aceite no se enrancie a lo largo del tiempo, mientras que en los ácidos esenciales extraídos de los animales y algas, como el ácido docosahexanoico (DHA) y el ácido eicosapentanoico (EPA), al no contenerlos se peroxidan más fácilmente.

Por dicho motivo necesitan la adición de antioxidantes, como la vitamina E, para su conservación y estabilización. Sin embargo, con o sin adición de antioxidantes y/o conservantes, son ácidos grasos DHA y EPA se oxidan de forma más fácil y rápida que los ácidos  $\alpha$ -linoleico,  $\alpha$  linolénico y araquidónico. (1)

### 2.1.3. TAXONOMIA

Salvia hispánica fue descrita por Carlos Linneo y publicada en *Species Plantarum*.

#### **Etimología**

**Salvia:** nombre latino de la salvia, del latín *salvus*, ‘salud’ y *salveo*, ‘curar’, en referencia a las virtudes medicinales de las plantas de este género.

**Hispanica:** epíteto latino que significa ‘de Hispania’

#### **Sinonimia**

- *Kiosmina hispánica (L.)*
- *Salvia neohispanica Briq.*
- *Salvia tetragona Moench.*
- *Salvia prysmatica Cav.*
- *Salvia chia Sessé & Moc.*
- *Salvia schiedeana Stapf.(6)*

#### 2.1.4 COMPOSICION Y VALOR NUTRITIVO DE LAS SEMILLAS DE CHIA

La chía es una semilla oleaginosa que además de su alto contenido de Omega-3 presenta en su composición otros componentes de gran interés para la nutrición humana, como la fibra, las proteínas, los antioxidantes, las vitaminas y algunos minerales. A continuación se describirá de manera detallada la composición de la semilla y su importancia con relación al valor nutritivo. (7)

- **Ácidos Grasos Poliinsaturados en la Semilla de Chía**

La semilla de chía contiene entre un 0,25 y 0,38 gaceite/gsemilla, donde los mayores constituyentes son los triglicéridos, en el que los ácidos grasos poli-insaturados están presentes en altas concentraciones. Algunos autores han descrito el contenido de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la semilla de chía. Según el contenido de ácidos grasos reportados existe una alta coherencia entre los rangos tanto para los ácidos grasos saturados como los insaturados. Entre los ácidos grasos saturados se destaca que el ácido palmítico C16:0 se encuentra en una relación 2:1 con el ácido esteárico, C18:0, respectivamente. (8)

Los resultados encontrados de los ácidos grasos insaturados versan sobre tres principalmente: ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n-3), ácido linoleico (C18:2n-6) y ácido erúrico (C18:1n-9), siendo el  $\alpha$ -linolénico el de mayor abundancia en la semilla de chía, lo que representa una importancia nutricional destacable porque éste participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, antiagregante (PGE3, PGI3, TXA4 Y LTB5).(9)

En las últimas décadas, el interés de las investigaciones se han centrado principalmente en el alto contenido de los ácidos grasos poli-insaturados (PUFA's, por sus siglas en inglés) de cadena larga, entre los cuales se destaca los ácidos grasos: el omega-3, que se encuentra en pescados azules y se caracterizan por tener los ácidos grasos de cadenas más largas como EPA y DHA, mientras que en las fuentes vegetales se encuentra como ALA, y el omega-6, ambos ácidos grasos son de gran importancia por ser considerados esenciales para el ser humano, ya que el organismo humano no posee las enzimas necesarias para sintetizarlos y se hace necesario obtenerlos a partir de la dieta, además de tener una alta demanda en la salud (Uribe, Perez, Kauil, Rubio, & Alcocer), por intervenir en la prevención de enfermedades cardiovasculares, siendo anti-trombótico,

anti-inflamatorio, anti-rítmico, favoreciendo la estabilización plaquetaria, entre otros (Galli & Marangoni, 2006). (10)

- **Ácidos grasos Omega-3**

Los ácidos grasos omega-3 son aquellos que se derivan del ácido  $\alpha$ -linolénico, donde este actúa en el cuerpo humano como un sustrato para la transformación del ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), mediante la acción de las enzimas de saturación y elongación (Alabdulkarim, Bakeet, & Arzoo, 2012).

El ácido  $\alpha$ -linolénico a pesar de ser el principal precursor del DHA y EPA desarrolla una mínima conversión, de allí la importancia del consumo de alimentos que se conviertan en una fuente directa de EPA y DHA. (10)

Las fuentes de alimentos más ricas en omega-3 son los aceites de pescado, en especial los de aguas frías, en estos animales se pueden encontrar en forma de EPA y DHA debido al consumo de los pescados del fitoplancton (Travieso, 2010). Mientras que una de las mejores fuentes vegetales reportadas es el aceite de chía (<60%), seguido por la linaza (57%) por la colza, la soja, el germen de trigo y las nueces (entre 7 y 13%) (Travieso, 2010). (10)

- **Ácidos grasos Omega-6**

Los ácidos grasos Omega-6 derivan del ácido linoleico el cual por medio de enzimas desaturadas y elongadas va a ser precursor de ácido graso gamma linoleico el cual se encuentra en algunos aceites vegetales y ácido araquidónico que es uno de los ácidos grasos más importantes asociados a los fosfolípidos de membrana, además puede ser oxidado a una variedad de compuestos eicosanoides importantes en la señalización célula-célula. (10)

Se observa en el cuadro N° 01 el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de chía es mayor en cuanto de los demás cereales. Además, si bien la chía es conocida principalmente como una importante fuente de ácidos grasos  $\omega$ -3, también contiene otros compuestos de importancia a nivel nutricional. (29)

**Cuadro N° 1 Composición Química en 100g se semillas de Chía (Salvia Hispánica L.)**

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad en 100gr de semillas de Chía</b>
Proteínas	19.5gr
Lípidos	30.0gr
Hidratos de carbono	23.3gr
Energía	440.2gr
Fibra cruda	24.9gr
Fibra dietética soluble	5.1gr
Fibra insoluble	42.9gr

**Fuente:** Ayerza R. (2004)

➤ **Contenido de proteínas y composición de aminoácidos**

La chía posee un contenido de proteínas que oscila entre 19 y 23%. Los aminoácidos de las proteínas de la chía se muestran en el cuadro N° 02. Como se puede observar, las proteínas de chía presentan un adecuado perfil de aminoácidos esenciales. Entre ellos, puede destacarse el contenido de lisina, así como los tenores de metionina y cistina los cuales son mayores que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas. (20)

**Cuadro N° 2 Contenido de Aminoácidos en las Semillas de Chía**

<b>Aminoácidos</b>	<b>En 100 gr de semillas de Chía</b>
- Ácido aspártico	7.64gr
- Leucina	5.89gr
- Serina	4.86gr
- Ácido glutámico	12.40gr
- Glicina	4.22gr
- Fenilalanina	4.73gr
- Alanina	4.31gr
- Lisina	4.44gr
- Valina	5.10gr
- Arginina	8.90gr
- Prolina	4.40gr

**Fuente:** Ayerza R. (2011)

### ➤ Vitaminas

La semilla de chía se ha caracterizado por ser una buena fuente de vitaminas tal como se observa en el cuadro N°3 como la niacina, tiamina y vitamina A. (20)

**Cuadro N° 3 Contenido de Vitaminas en las Semillas de Chía**

Nutriente	Semillas de chía (mg/100g)
- Niacina	6.13mg
- Tiamina	0.18mg
- Riboflavina	0.04mg
- Vitamina A	44UImg

Fuente: Ayerza R. (2011)

### ➤ Minerales

La semilla de chía es una fuente excelente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre, como se muestra en el cuadro N° 04 .Otra de las grandes ventajas de esta semilla es su bajo contenido en sodio. Los niveles de hierro encontrados en las semillas de chía son muy elevados y representan una cantidad inusual para la semilla que, comparada con otros productos tradicionales conocidos como fuentes ricas de hierro. (20)

**Cuadro N° 4 Contenido de Minerales en las Semillas de Chía**

Nutriente	Semillas de chía (mg/100g)
- Calcio	714mg
- Potasio	700mg
- Magnesio	390mg
- Fosforo	1067mg
- Aluminio	2mg
- Cobre	0.2mg
- Hierro	16.4mg
- Manganeso	2.3mg
- Sodio	-
- Zinc	3.7mg

Fuente: Ayerza R. (2011).

### ➤ Antioxidantes

La semilla de chía contiene una cantidad de compuestos con potente actividad antioxidante, entre los más importantes se encuentran el  $\delta$  y  $\gamma$ - tocoferol y antioxidantes fenólicos tales como ácidos clorogénico, cafeico, flavonoles (miricetina, quercetina y kaempferol). La importancia de los mismos radica en su protección frente a la oxidación lipídica que afecta tanto la calidad de los alimentos como la salud de los consumidores, con el posible deterioro de las características organolépticas, funcionales y nutricionales. (20)

En el Cuadro N° 05 se muestra la concentración de compuestos antioxidantes presentes en la semilla de chía.

**Cuadro N° 5 Concentración de antioxidantes en extractos de semilla de Chía**

Compuesto	Concentración ( mol/Kg de semillas de Chía)
- Ácido Cafeico	6.6 x 10 <sup>-3</sup>
- Ácido clorogénico	7.1 x 10 <sup>-3</sup>
- Miricetina	3.1 x 10 <sup>-3</sup>
- Quercetina	0.2 x 10 <sup>-3</sup>
- Kaempferol	1.1 x 10 <sup>-3</sup>

**Fuente:** Ayerza R. (2011).

### 2.1.5 USOS Y APLICACIONES DE LA CHIA

Hay evidencia científica que muestra que la semilla de chía comenzó a usarse en la alimentación humana hace 3,500 años A.C. y se convirtió en uno de los cultivos básicos en el centro de México entre 1,500 y 900 A.C junto con el amaranto, frijol y maíz. Por siglos, la semilla de chía fue utilizada como alimento por los indígenas del oeste y del sur de México. Los aztecas, entre otros usos, ofrecían la chía a los dioses como parte de las ofrendas en las ceremonias religiosas. Conocida como el alimento de caminatas, su uso como un alimento de resistencia y alta energía ha sido registrado desde los tiempos remotos de los antiguos Aztecas, cuyos guerreros subsistían con la semilla durante sus

conquistas. Los indígenas del suroeste ingerían muy poco, no más de una cucharada llena cuando salían de marchas forzadas durante 24 horas. (7)

La chía es un nuevo cultivo que tiene gran potencial para ser explotado y puede servir para reemplazar cultivos tradicionales no rentables en el país, que los hay y son muchos. Es ideal para enriquecer gran cantidad de productos como fórmulas para bebés, alimento para animales, barras nutritivas, entre otros.

Cuando se utiliza como alimento animal se pueden obtener productos enriquecidos con  $\omega$ -3 como huevos, pollos, carne vacuna, jamón, leche, quesos, etc. Utilizada como una fuente de ácidos grasos  $\omega$ -3, no requiere el uso de antioxidantes artificiales como las vitaminas sintéticas. El aceite esencial encontrado en las hojas tiene un gran valor potencial como insecticida puesto que impide el ataque de algunos insectos a la planta. (7)

## 2.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La oxidación y los agentes oxidantes químicamente la oxidación de un compuesto es la pérdida de electrones, de hidrógenos o la ganancia de oxígeno en una molécula. La reducción de un compuesto es exactamente lo contrario; es decir, la ganancia de electrones, de hidrógenos o la pérdida de oxígeno. En tal sentido, un agente oxidante es una molécula que se reduce al reaccionar con la molécula a la cual oxida. Este par oxido-reductores necesario químicamente y esencial para entender la biología de las óxido-reducciones en el organismo. (25)

Las macromoléculas de importancia biológica (proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos) son moléculas nucleofílicas que tienen electrones susceptibles de compartir, es decir, tienen electrones en orbitales superficiales que pueden ser capturados (oxidación) o compartidos en una reacción nucleofílica para formar compuestos o aductos.

Los oxidantes son compuestos electrofílicos especies que tienen afección por los electrones y que tienen afinidad para reaccionar con macromoléculas nucleofílicas, muchas de ellas de la mayor importancia biológica. (25)

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los alimentos naturales presentes en él. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como vitamina C, vitamina E, o  $\beta$ -

caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos (flavonas, isoflavonas, flavonoides, antocianinas, catequinas e isocatequinas), estos últimos son consumidos frecuentemente en la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante. (21)

La capacidad antioxidante varía en función del grupo de compuesto estudiado y su solubilidad en la fase acuosa o lipídica. Además la gran diversidad de métodos empleados proporcionan resultados numéricos distintos se utiliza el Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8- tetrametilcroman-2-carboxílico) como patrón, sustancia que se caracteriza por ser un análogo hidrosoluble de la vitamina E. (19)

Las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, son un subgrupo de moléculas oxidantes, que como su nombre lo indica son altamente reactivas. Otro subgrupo son los radicales libres que no solo tienen alta reactividad y capacidad oxidativa, sino que adicionalmente pueden generar reacciones oxidativas en cadena. Los radicales libres en particular y las especies reactivas en general, participan en algunas funciones biológicas (proliferación celular, diferenciación celular, fagocitosis, metabolismo, reacciones inflamatorias) y se encuentran involucradas en diversas patologías. (25)

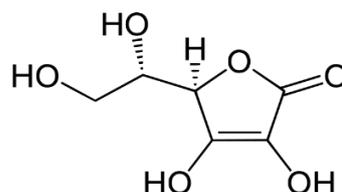
### **2.3 ANTIOXIDANTES**

Los antioxidantes son compuestos los cuales pueden inhibir o retardar la oxigenación de otras moléculas inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres.

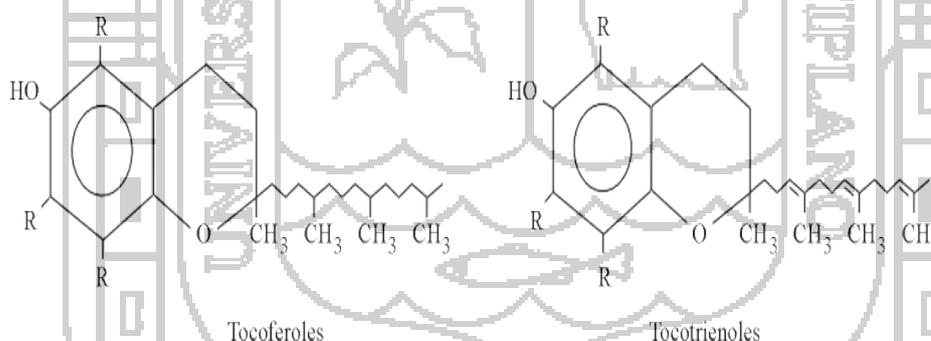
Los antioxidantes se dividen en dos categorías principalmente que son: sintéticos y naturales. En general los antioxidantes sintéticos son compuestos de estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquílica, mientras que los antioxidantes naturales pueden ser: compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides así como el ácido ascórbico. (15)

Los antioxidantes son componentes protectores que consisten en un arreglo enzimático y nutrientes esenciales (como vitaminas, pigmentos) cuya función principal es prevenir la formación de radicales libres e interceptar los que ya se han generado.

Existen muchas fuentes de antioxidantes naturales: avena, soya, té, granos de café, especias, arroz, aceites vegetales, papas, frutas, productos microbianos. Los antioxidantes contenidos en frutas y vegetales son efectivos en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. (14)

a) **Ácido ascórbico**

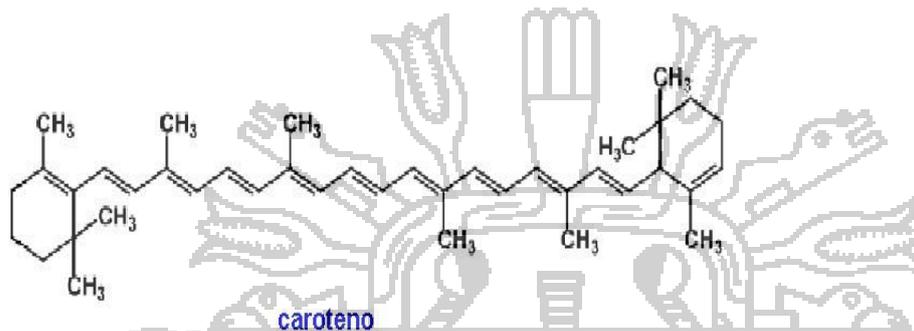
El ácido ascórbico o vitamina C es un antioxidante monosacárido encontrado en animales y plantas. Como no puede ser sintetizado por los seres humanos y debe ser obtenido de la dieta, es una vitamina la mayoría de los otros animales pueden producir este compuesto en sus cuerpos y no lo requieren en sus dietas. En células, es mantenido en su forma reducida por la reacción con el glutatión, que se puede catalizar por la proteína disulfuro isomerasa y las glutarredoxinas. El ácido ascórbico es un agente reductor y puede reducir y de tal modo neutralizar especies reactivas del oxígeno tal como el peróxido de hidrógeno. Además de sus efectos antioxidantes directos, el ácido ascórbico es también un sustrato para la enzima antioxidante ascorbato peroxidasa, una función que es particularmente importante en resistencia al estrés en plantas.(17)

b) **Tocoferoles y tocotrienoles**

La vitamina E es el nombre colectivo para un sistema de ocho tocoferoles y tocotrienoles relacionados, que son vitaminas antioxidantes liposolubles. De éstos, la  $\alpha$ -tocoferol ha sido muy estudiado ya que tiene la biodisponibilidad más alta y el cuerpo preferentemente absorbe y metaboliza esta forma. La forma del  $\alpha$ -tocoferol es la más importante de los antioxidantes liposolubles y protege las membranas de la célula contra la oxidación reaccionando con los radicales del lípido producidos en la reacción en cadena de peroxidación de lípidos. Esto quita las formas intermedias de radicales libres y evita que la propagación de la reacción en cadena continúe. Los radicales oxidados del

$\alpha$ -tocoferoxil producidos en este proceso se pueden reciclar de nuevo a la forma reducida activa a través de la reducción por el ascorbato, el retinol o el ubiquinol. Las funciones de las otras formas de la vitamina E están menos estudiadas, aunque el  $\gamma$ -tocoferol es un nucleófilo que puede reaccionar con mutágenos electrofílicos y los tocotrienoles puede que tengan un rol especializado en la neuroprotección.(17)

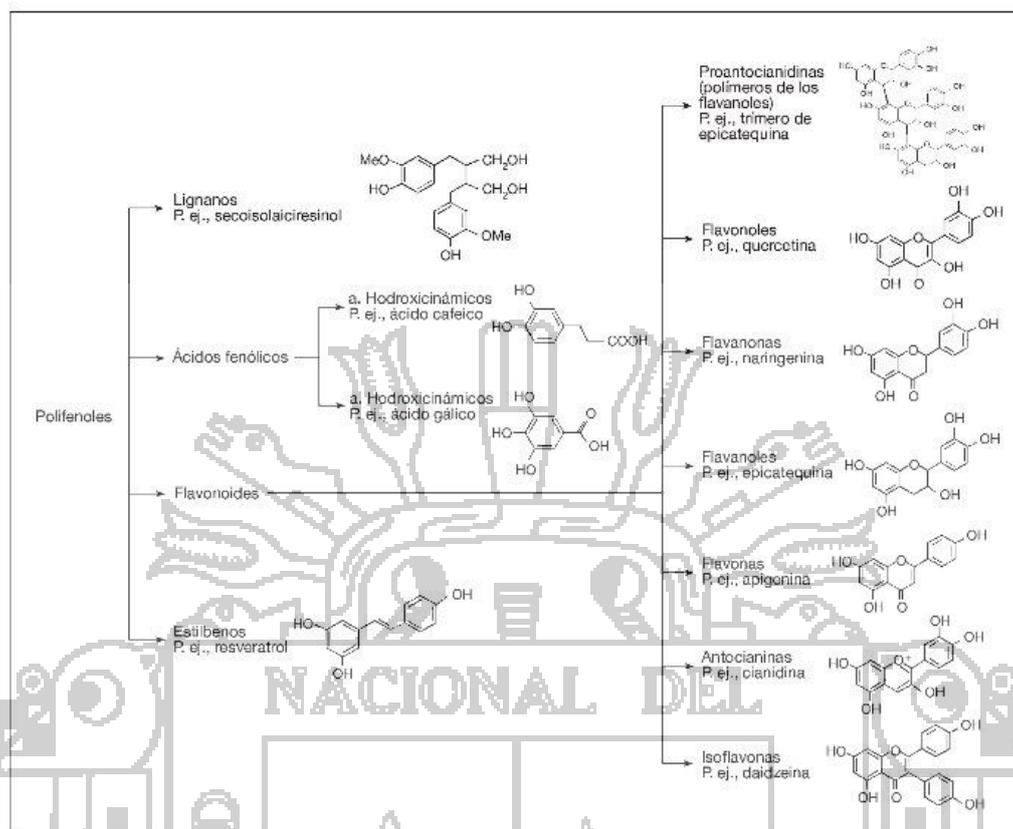
### c) Carotenoides



Los carotenoides son pigmentos ampliamente distribuidos en la naturaleza, que se encuentran en tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos como raíces, flores y frutos. Los humanos y animales no pueden sintetizarlos; sin embargo, son capaces de absorberlos con modificaciones en su estructura básica. Los carotenoides de vegetales y animales son usualmente encontrados en fracciones lipídicas, ligados a proteínas o esterificados con ácido grasos. (16)

Dentro de una clasificación química, los carotenoides o tetraterpenoides son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados bio-sintéticamente a partir de dos unidades de geranil-geranilpirofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares y tienen coloraciones que oscilan entre el amarillo ( $\beta$ -caroteno) y el rojo (el licopeno). Los carotenoides se pueden clasificar en carotenos y xantofilas. Los carotenos solo contienen carbono e hidrogeno (por ejemplo el  $\beta$ -caroteno, licopeno, etc.), mientras que las xantofilas contienen además oxígeno. (18)

## d) Polifenoles



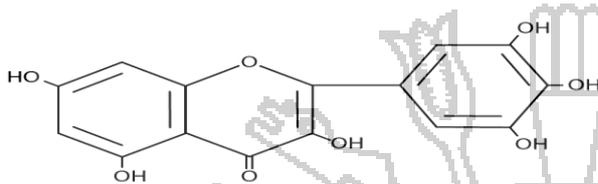
Los polifenoles son fitoquímicos de bajo peso molecular, esenciales para el ser humano. Estos constituyen uno de los metabolitos secundarios de las plantas, más numerosos y distribuidos por toda la planta, con más de 800 estructuras conocidas en la actualidad. Los polifenoles naturales pueden ir desde moléculas simples (ácido fenólico, hidroxitirosol, fenilpropanoides, flavonoides), hasta compuestos altamente polimerizados (ligninas, taninos). Los flavonoides representan el subgrupo más común y ampliamente distribuido y entre ellos los flavonoles son los más ampliamente distribuidos.

Al estar ampliamente distribuidos en el reino vegetal, constituyen parte integral de la dieta. Los polifenoles poseen una estructura química ideal para la actividad como consumidores de radicales libres. Su propiedad como antioxidante, proviene de su gran reactividad como donantes de electrones e hidrógenos y de la capacidad del radical formado para estabilizar y deslocalizar el electrón desapareado (termina la reacción en cadena) y de su habilidad para quelar iones de metales de transición.

Los polifenoles poseen una porción hidrofílica y una porción hidrofóbica, por lo que pueden actuar en contra de ROS que son producidas en medios tanto hidrofóbicos como

acuosos. Su capacidad antioxidante está directamente relacionada con el grado de hidroxilación del compuesto. Los flavonoides tienen una poderosa acción antioxidante in Vitro, siendo capaces de barrer un amplio rango de especies reactivas del oxígeno, nitrógeno y cloro, tales como el superóxido, el radical hidroxilo, el radical peroxilo, el ácido hipocloroso, actuando como agentes reductores. (19)

#### e) Flavonoides



Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto común de difenilpiranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos, ligados a través de un anillo de pirano (heterocíclico).

En función de los grados de oxidación e insaturación del anillo heterocíclico se pueden diferenciar varias clases de flavonoides y dentro de cada clase se pueden establecer diferencias en base a la naturaleza y número de los sustituyentes unidos a los anillos. (13)

La mayoría de los tejidos vegetales pueden sintetizar flavonoides, los cuales se presentan en forma de glucósidos solubles en agua en las hojas y frutas empleadas en la alimentación humana. (21)

Los flavonoides tienen 2 anillos bencénicos separados por una unidad de propano y son derivados de la flavona, generalmente solubles en agua. Los compuestos más conjugados son con frecuencia brillantemente coloreados; generalmente se encuentran en las plantas, como sus glucósidos, lo que puede complicar las determinaciones de la estructura.

Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante. (19)

#### a) Estructura química

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto un esqueleto común de difenilpiranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos (A

y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico). Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 2 al 8, y los anillos B desde 2 al 6.

La actividad de los flavonoides como antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química. Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C. (19)

En función de sus características estructurales se pueden clasificar en:

1. Flavanos, como la catequina, con un grupo –OH en posición 3 del anillo C.
2. Flavonoles, representados por la quercetina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo –OH en posición 3 del anillo C.
3. Flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición C3.
4. Antocianinas, que tienen unido el grupo –OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.

#### **b) Tipos y fuentes naturales de flavonoides**

Las diferentes clases dentro del grupo son distinguidas por anillos heterocíclicos conteniendo oxígeno y por grupos hidroxilo.

Las catequinas y leucoantocianidinas son estructuralmente similares y existen raramente como sus glucosidos. Se polimerizan para formar taninos condensados, lo que ayuda a dar su color característico al té; también son suficientemente prevalentes para oscurecer el color de arroyos y ríos en algunas áreas ricas en madera. (19)

Las flavononas y los flavonoles son raros y normalmente existen como sus glucósidos. Flavononas: hesperidina, flavonoide que es particularmente activo en la prevención de enfermedades cardíacas; se encuentra en los hollejos de las frutas cítricas, como limones, naranjas, mandarinas y pomelos. Las diferentes clases dentro del grupo son distinguidas por anillos heterocíclicos conteniendo oxígeno y por grupo hidroxilo.

La quercetina es un flavonoide amarillo-verdoso presente en cebollas, manzana, brocolis, cerezas, uvas o repollo rojo. (19)

Las flavonas y los flavonoles son los más ampliamente distribuidos de todos los compuestos fenólicos. Las flavonas: apigenina que se encuentra en la alfalfa y en la manzanilla.

Las antocianinas son los pigmentos rojo y azul de los pétalos de las flores y pueden constituir hasta el 30% del peso seco de alguna de ellas. El pigmento rojo del betabel es una antocianina; las antocianinas existen típicamente como glucosidos. Proantocianidinas se localizan en las semillas de uva, vino tinto y extracto de corteza del pino marino. (19)

Las flavanonas coexisten con frecuencia en las plantas con sus flavonas correspondientes (por ejemplo, hesperidina y diosmina en la corteza en la corteza de *Zanthoxylum avicenna*) (19)

Las isoflavonas poseen un esqueleto flavonoides. Una variedad de modificaciones estructurales de este esqueleto derivan en una amplia clase de compuestos que incluyen isoflavonas, isoflavanonas y rotenona. Los compuestos isoflavonoides son constituyentes comunes de la familia de leguminosas *Fabaceae*; estos compuestos exhiben para peces. Así, por ejemplo, las isoflavonas biochanina A del clavo rojo, genisteína de la soya y el cumestrol de la alfalfa son fitoestrogenos, además de exhibir actividad antifúngica. (19)

Las chalconas, como la buteína, carecen del anillo de pirano encontrado en los flavonoides, aunque este está sujeto con frecuencia al equilibrio controlado por el pH. La chalcona está más completamente conjugada y normalmente esta brillantemente coloreado. La floricina es un fuerte inhibidor del crecimiento de la plántula de la manzana.

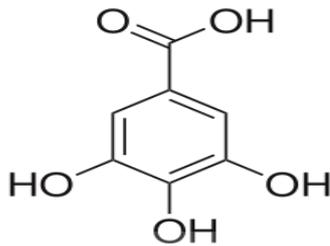
Las auronas son pigmentos amarillo dorado que son comunes en algunas flores. La sulfuretina es un pigmento de aurona responsable del color amarillo de ciertas especies de la familia *Asteraceae*, por ejemplo, el cosmos y la dalia. (19)

#### f) **Ligninas**

Las ligninas son polímeros complejos de moléculas fenólicas. Como modelo base de estructura, la lignina es el segundo polímero hidrocarbonado en abundancia después de la celulosa.

Su presencia en las paredes celulares secundarias, debido a su carácter hidrofóbico, desplaza el agua, aumentando tanto la resistencia química como física y la rigidez de las paredes.

Las funciones de la lignina están asociadas con el soporte mecánico de los órganos de las plantas, la conducción de la savia a través de los elementos vasculares lignificados, y mecanismos de defensa. (12)

g) **Taninos**

Los taninos son compuestos fenólicos hidrosolubles de sabor áspero y amargo. Suelen acumularse en las raíces y cortezas de plantas y frutos, y están también presentes en sus hojas, aunque en menor proporción.

En nutrición a los taninos también se les considera sustancias anti nutritivas, ya que en elevadas concentraciones que facilitan su condensación pueden limitar la absorción de algunos nutrientes, como es el caso del hierro. (12)

**2.4 RADICALES LIBRES**

un radical libre (RL) es una especie química definida, una molécula o fragmento de molécula, que contiene uno o más electrones desapareados en su orbital externo lo que lo convierte en un compuesto altamente inestable y fugaz con gran capacidad de formar otros radicales libres por reacciones químicas en cadena y es capaz de existir independientemente (31)

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 especial que genera gran estabilidad, señalizando por el punto situado a la derecha del símbolo.

Los radicales libres se pueden definir como sustancias químicas reactivas que tienen un solo electrón desemparejado en una órbita externa. Esta configuración inestable genera energía, que es liberada a través de reacciones con moléculas próximas, como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ácidos nucleicos. La mayoría de los radicales libres que pueden dañar los sistemas biológicos son los radicales libres de oxígeno, que son conocidos normalmente como “especies reactivas de oxígeno” (EROS). Los EROS pueden producirse durante la irradiación de la luz UV, POR RAYOS-X y por rayos FF, también pueden ser producidas durante las reacciones de catálisis de un metal. Están

presentes en la atmosfera como contaminantes, son producidas por neutrófilo y macrófagos durante el proceso de inflamación.

Son bio-productos de las reacciones de catálisis de la cadena mitocondrial de transporte de electrones y de varios otros mecanismos. El total de radicales libres producidos viene determinado por el equilibrio de algunos factores y las ROS son producidas tanto de forma endógena como exógena. Las fuentes endógenas de ROS incluyen las mitocondrias, el citocromo P450, los peroxisomas y la activación de las células inflamatorias.

Los efectos perjudiciales de las ROS se compensan con la acción de los antioxidantes, algunos de los cuales son enzimas presentes en el organismo. A pesar de la presencia de un sistema de células de defensa antioxidante para neutralizar el efecto de las ROS, los daños oxidativos acumulados durante el ciclo de la vida tienen consecuencias en el envejecimiento y en las patologías relacionadas con la edad, como los problemas cardiovasculares, los trastornos neurodegenerativos, el cáncer y otras enfermedades crónica (11)

Radical libre (RL) es una especie química definida, una molécula o fragmento de molécula, que contiene uno o más electrones desapareados en su orbital externo lo que lo convierte en un compuesto altamente inestable y fugaz con gran capacidad de formar otros radicales libres por reacciones químicas en cadena.

En consecuencia, son altamente reactivos lo que hace que tengan una vida media del orden de milisegundos, aunque varía según el tipo de radical. (12)

Los radicales libres también son conocidos como especies reactivas oxigenicas o del oxígeno, ROS, y especies reactivas del nitrógeno (ERN). Sin embargo, un exceso de los mismos pueden acumularse hasta niveles tóxicos dando como resultado que se produzcan diversas acciones sobre el metabolismo de los principios inmediatos, que pueden ser origen del daño celular. (13)

#### **2.4.1 Clases de radicales libres**

Existen muchas clases de radicales libres, tanto ERO (Especies Reactivas del Oxígeno) como ERN (Especies Reactivas del Nitrógeno). Algunos de los radicales libres son:

**-Radical peroxilo (ROO•)**, El cual es el radical más común en los sistemas biológicos. Formado a partir de hidropéroxidos orgánicos, por ejemplo lípidos, o ROOH por pérdida de hidrógeno. Tiene una vida media relativamente larga.

**-Radical hidroxilo (OH•)**, Estado de reducción de tres electrones de la molécula de oxígeno. Es la especie más reactiva, con una vida media estimada de alrededor de 10<sup>-9</sup>s. Puede generarse in vivo como consecuencia de radiaciones de alta energía (rayos X, rayos  $\gamma$ ) que pueden provocar rotura hemolítica del agua corporal. La luz UV no tiene suficiente energía como para escindir una molécula de agua, pero puede dividir el agua oxigenada en 2 moléculas de radical hidroxilo.

Otro proceso todavía más importante en la formación del radical hidroxilo es la llamada reacción de Fenton:

$H_2O_2 + Fe^{2+} + Fe^{3+} + OH^- + OH^*$  También a partir de agua oxigenada y del radical superóxido el radical hidroxilo puede formarse por la Reacción de Haber-Weiss:

$H_2O_2 + O_2^{\cdot -} \rightarrow O_2 + OH^- + OH^*$  Esta reacción es catalizada por metales como hierro o cobre.

**-Radical superóxido (O<sub>2</sub>•-)**, El que se produce por células fagocíticas y puede ser benéfico por la inactivación de virus y bacterias, el estado de reducción del oxígeno de un electrón, formado en muchas reacciones de auto oxidación. Es relativamente poco reactivo, pero potencialmente tóxico, ya que puede iniciar reacciones que den lugar a otros intermediarios a su vez muy reactivos. Puede formarse como producto de muchas reacciones catalizadas enzimáticamente, también en reacciones no enzimáticas del oxígeno con la cisteína o la riboflavina, o bien se produce en la cadena respiratoria mitocondrial  $O_2 + e^- + H^+ \rightarrow HO_2^* \rightarrow O_2^{\cdot -} + H^+$

**-Óxido nítrico (NO•)**, El cual tiene efectos benéficos como agente vasodilatador, puede funcionar como un neurotransmisor y puede ser producido por macrófagos y actuar como asesino de parásitos. El óxido nítrico puede también ser dañino cuando reacciona con superóxido para formar el anión peroxinitrico. El estudio del (NO•) ha cobrado gran relevancia por la importante función fisiológica que desempeña, además es considerado un intermediario tóxico importante por su condición de radical libre. Es un gas lipofílico e hidrosoluble, cuya vida media es relativamente larga (3-5 s). Su formación tiene lugar por una reacción en la que la enzima óxido nítrico-sintasa cataliza la conversión de L-

arginina a L-citrulina dando como sub producto  $\text{NO}\bullet$  en numerosos tipos celulares. Dicha enzima presenta tres isoformas: la neuronal n-Nos (tipo I), la endotelial e-Nos (tipo III) y la inducible i-Nos (tipo II). Es capaz de inducir la peroxidación lipídica en lipoproteínas, interferir con la señalización celular por nitración de residuos tirosina, oxidar grupos tioles y guanosinas, de degradar carbohidratos y de fragmentar ADN. (32)

**-Peróxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )**, El agua oxigenada se forma como resultado del estado de reducción de dos electrones de oxígeno, formado a partir del radical  $\text{O}_2\bullet^-$  por dismutación, o directamente del  $\text{O}_2$ , no es un radical libre, pero su toxicidad es importante ya que atraviesa fácilmente las membranas. Muchas enzimas producen agua oxigenada a partir de oxígeno. También puede producirse por reacciones químicas, como la auto oxidación del ácido ascórbico catalizada por el cobre. Se convierte en agua por acción de la catalasa, un proceso que determina su vida media.

Una vez generados, los radicales libres se aparean rápidamente a un electrón desapareado cediendo o arrancando un electrón, uniéndose a otro radical libre o a una estructura molecular adyacente no radicalaria, con el fin de estabilizarse. La vida aerobia precisa oxígeno para oxidar los nutrientes provenientes de la dieta y obtener así energía. La reducción parcial de la molécula de oxígeno puede generar EROs como el hidroperóxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y los radicales libres, superóxido ( $\text{O}_2\bullet^-$ ), hidroperóxido ( $\text{HO}_2$ ) e hidroxilo ( $\text{OH}\bullet$ ). Los óxidos de nitrógeno, óxido nítrico ( $\text{ON}$ ) y dióxido nítrico ( $\text{NO}_2$ ), son asimismo radicales libres.

El óxido nítrico presenta un especial interés al ser sintetizado por las células endoteliales como factor vasodilatador. Cuando el óxido nítrico reacciona con el superóxido se produce el peroxinitrito ( $\text{ONOO}^-$ ), con un gran poder oxidante. La definición de radical libre también incluye los metales de transición cuando tiene uno o más electrones desapareados. A concentraciones moderadas y dada su corta existencia, los radicales libres pueden desempeñar un importante papel como mediadores en la regulación de varios procesos fisiológicos, como mediadores de los efectos del factor de crecimiento derivado de las plaquetas sobre las células musculares lisas, activadores de la adenilato-ciclasa o vasodilatador como en el caso del óxido nítrico ( $\text{ON}$ ). Sin embargo, a concentraciones elevadas, pueden dañar la mayoría de los constituyentes celulares y son notablemente peligrosos para los organismos vivos.

Los radicales libres se sintetizan fisiológicamente en el organismo humano como parte del metabolismo energético, pero la producción se incrementa frente a diferentes agresiones como infecciones, ejercicio físico extremo, dietas desequilibradas, tóxicos alimentarios y contaminantes ambientales entre otros. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son especialmente sensibles, dentro del grupo de los lípidos, al ataque de los radicales libres; los cuales pueden alterar la actividad celular, tanto a nivel de funciones de membrana, del metabolismo o de expresión genética. Los radicales libres son capaces de dañar (reversible o irreversiblemente) todo tipo de compuestos, incluyendo ácidos nucleicos, proteínas y aminoácidos libres, lípidos, carbohidratos y macromoléculas del tejido conectivo. (32)

#### **2.4.2 RADICALES LIBRES GENERADOS EN EL METABOLISMO HUMANO**

Una vez generados, los radicales libres se aparean rápidamente a un electrón desapareado cediendo o arrancando un electrón, uniéndose a otro radical libre o a una estructura molecular adyacente no radicalaria, con el fin de estabilizarse. La vida aerobia precisa oxígeno para oxidar los nutrientes provenientes de la dieta y obtener así energía.

##### **a) Oxidación proteica**

La oxidación proteica se define como una modificación covalente en una proteína inducida por especies reactivas. Los cambios oxidativos en proteínas pueden comportar diversas consecuencias en función, como la inhibición de la actividad enzimática, un incremento de la susceptibilidad a la agresión y proteólisis, un aumento o disminución de la captación celular y una alteración de la inmunogénesis.

Los carbonilos proteicos son los marcadores de la modificación oxidativa proteica más ampliamente utilizados, aunque existen otros como la o-tirosina, cloro-,nitro- y di-tirosina. Las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, pueden oxidar los aminoácidos de proteínas formando los carbonilos proteicos, que han sido asociados con el envejecimiento y la severidad de algunas patologías (15)

##### **b) Oxidación del ácido desoxirribonucleico**

El ADN en las células vivas sufre constantemente lesiones a nivel molecular seguidas de procesos fisiológicos de reparación. Los productos de las lesiones oxidativas del ADN, como nucleósidos y bases oxidados, tienen una naturaleza hidrofílica y suelen excretarse en orina sin sufrir cambios metabólicos. Cabe destacar que los productos de

oxidación del ADN en orina representarían la proporción media de lesión en el organismo, mientras que el nivel de bases oxidadas en el ADN nuclear de una muestra sería la concentración específica de esa muestra.

Los marcadores de lesión oxidativa de ADN en humanos son la determinación de nucleósidos y bases oxidados en orina (8-oxo-2-deoxiguanosina, 8-oxoguanina, timin-glucol, timin-glucol y 5-hidroximetiluracilo), y la detección de modificaciones en ADN aislado de tejido o células (15)

### c) Peroxidación lipídica

Los radicales libres inician y causan la peroxidación de los lípidos (triglicéridos, fosfolípidos, lipoproteínas), particularmente aquellos que componen las membranas celulares. La peroxidación lipídica es un proceso radicalario autocatalítico que transcurre en 3 etapas. La etapa de iniciación se desarrolla cuando los radicales libres captan un átomo de hidrógeno ( $H^+$ ) de un carbono metileno de un AGPI, formándose un doble enlace alterno coplanar denominado DC. Tras la pérdida del átomo de hidrógeno, el átomo de carbono queda con un electrón desapareado generándose un radical carbonilo ( $R\cdot$ ) que se estabiliza formando un DC. En la etapa de propagación el DC reacciona con el oxígeno dando lugar a un radical peróxido ( $ROO\cdot$ ), el cual seguidamente capta otro  $H^+$  de otro AGPI, dando lugar a un lipoperóxido ( $ROOH$ ) y a otro radical carbonilo, iniciándose una reacción en cadena autocatalítica. En la fase de terminación 2 radicales carbonilo reaccionan entre ellos formando un producto estable e inactivo ( $R-R$ ) o cuando un radical peróxido es estabilizado por un antioxidante, un lipoperóxido es una especie químicamente bastante estable pero en presencia de metales divalentes como el  $Fe^{2+}$ , puede generar un radical alcoxilo, que conlleva la formación de determinados productos terminales de oxidación de toxicidad diversas como el manoldialdehído, hidroxinonenal y hexanal.

La peroxidación lipídica tiene un papel trascendental en la fisiopatología de la arteriosclerosis, sobre todo si consideramos la hipótesis oxidativa de la enfermedad arteriosclerótica (papel de la LDL oxidada) (15)

### d) Estrés oxidativo en la salud humana

El oxígeno es esencial para los organismos vivos. Sin embargo, la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS) y radicales libres (RL) es inevitable en el

metabolismo aeróbico. Estas especies oxidantes provocan daños acumulativos en moléculas fundamentales para el funcionamiento del organismo, tales como proteínas, lípidos y ADN. No obstante, el organismo tiene sus propios mecanismos de defensa para hacer frente a la acción de las especies oxidantes. En determinadas situaciones las defensas antioxidantes pueden verse desbordadas por la excesiva generación de ROS.

Este desequilibrio entre especies oxidantes y antioxidantes se conoce como estrés oxidativo, el cual está asociado a numerosas enfermedades y al proceso de envejecimiento. La dieta juega un papel importante en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, fundamentalmente a través del aporte de compuestos bioactivos de origen vegetal. Entre ellos, las vitaminas hidrosolubles y liposolubles, carotenoides y una gran variedad de compuestos fenólicos, cuya actividad antioxidante y potenciales efectos beneficiosos están siendo ampliamente investigados en los últimos años. Así, las evidencias epidemiológicas que asocian el consumo de vegetales y frutas con una menor incidencia de enfermedades coronarias, junto con la mayor preocupación de los consumidores por mantener un estado de salud adecuado, está llevando a las industrias a diseñar alimentos que supongan un aporte extra de estos antioxidantes naturales.

## 2.6 ACIDO GALICO

Es un ácido orgánico también conocido como ácido 3, 4, 5-trihidroxibenzoico, que se encuentra en las agallas, en las hojas de té, en la corteza de roble y otras plantas. La fórmula química es  $C_6H_2(OH)_3COOH$ . El ácido gálico se encuentra tanto en su forma libre como formando parte de taninos. Las sales y los ésteres del ácido gálico se denominan galatos. Tiene usos en la industria farmacéutica como patrón para determinar el contenido de fenoles de diversos analitos mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu; los resultados se anotan como mg. de ácido gálico. También se puede utilizar para sintetizar el alcaloide alucinógeno mezcalina o 3, 4, 5-trimetoxifenetilamina. (11)

## 2.7 MÉTODO CUPRAC (*Copper Reduction Assay, Apak, et al. 2004*)

Este ensayo es un método para valorar la concentración y la capacidad antioxidante en muestras biológicas, en muestras procedentes de la industria alimentaria, en cosméticos. Además mediante este método se mide la capacidad antioxidante total de una muestra este diseño está basado en la reducción de Cu (II) a Cu (I) por la acción combinada de todos los antioxidantes (agentes reductores) en una muestra. El ensayo CUPRAC usa un

compuesto relacionado neocuproina (2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline), el complejo Cu (I) el cual absorbe a 450 nm.

El método CUPRAC tiene como fundamento el análisis de la intensidad de corriente obtenida al oxidar al complejo cobre (I)-neocuproina, obteniendo de esta manera datos relacionados con la concentración de los antioxidantes. Se presentan los resultados de la validación del método CUPRAC con la curva de adiciones estándar.

El método CUPRAC presenta su curva de calibración que contiene 6 concentraciones de trolox desde 0.01 umol – 0.03 umol – 0.04 umol – 0.05 umol hasta 0.06 umol y las absorbancias respectivas para cada concentración, esta curva de calibración, está establecida para cada alimento, las concentraciones son para determinar las absorbancias respectivas de las soluciones muestras. Esta curva de calibración nos sirve para determinar las soluciones muestras que deben encontrarse en el rango de concentración, respectivamente a las absorbancias obtenidas. Esto indica que la reacción establecida presenta menos errores, es más exacta, los resultados son obtenidos en milimoles gramos de trolox (umol/g trolox).

## **2.8 METODO FOLIN-CIOCALTEAU**

La medida del contenido de fenoles totales se realiza utilizando el método de folin-ciocalteau, que determina la capacidad que tienen los polifenoles para reducir el Mo (VI) A Mo (V), como resultado de tal reacción, el reactivo de color amarillo adquiere un intenso color azul que se mide con el espectrofotómetro.

Recta de calibración con la disolución de ácido gálico. La solución madre se prepara disolviendo 0.01g de ácido gálico en 10 ml de agua bi-distilada. A partir de esta solución se hacen diluciones que serán los distintos puntos de la recta, con unas concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100, luego serán llevadas a la centrifuga a 1200 rpm.

## 2.9 MARCO CONCEPTUAL

- 1) **CAPACIDAD ANTIOXIDANTE:** La oxidación y los agentes oxidantes químicamente la oxidación de un compuesto es la pérdida de electrones, de hidrógenos o la ganancia de oxígeno en una molécula. La reducción de un compuesto es exactamente lo contrario; es decir, la ganancia de electrones, de hidrógenos o la pérdida de oxígeno. En tal sentido, un agente oxidante es una molécula que se reduce al reaccionar con la molécula a la cual oxida. (25)
- 2) **ANTIOXIDANTES:** Los antioxidantes son compuestos los cuales pueden inhibir o retardar la oxigenación de otras moléculas inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres.(15)
- 3) **RADICALES LIBRES:** Los radicales libres se pueden definir como sustancias químicas reactivas que tienen un solo electrón desemparejado en una órbita externa. Esta configuración inestable genera energía, que es liberada a través de reacciones con moléculas próximas, como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ácidos nucleicos.(11)
- 4) **FLAVONOIDES:** Los flavonoides son compuestos fenólicos de 15 carbonos que se distribuyen en el reino vegetal en más de 2.000 especies de muy diversas familias. Debido a sus propiedades antioxidantes y secuestrantes de radicales libres, se consideran provechosos para la salud humana por su acción protectora en la terapia preventiva de diversas cardiopatías.(19)
- 5) **FENOLES:** Son compuestos orgánicos en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido a al menos un grupo funcional. Muchos son clasificados como metabolitos secundarios de las plantas, aquellos productos bio sintetizados en las plantas que poseen la característica biológica de ser productos secundarios de su metabolismo. (19)
- 6) **POLIFENOLES:** Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son ésteres de ácido gálico de glucosa y otros azúcares; y fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados. (19)

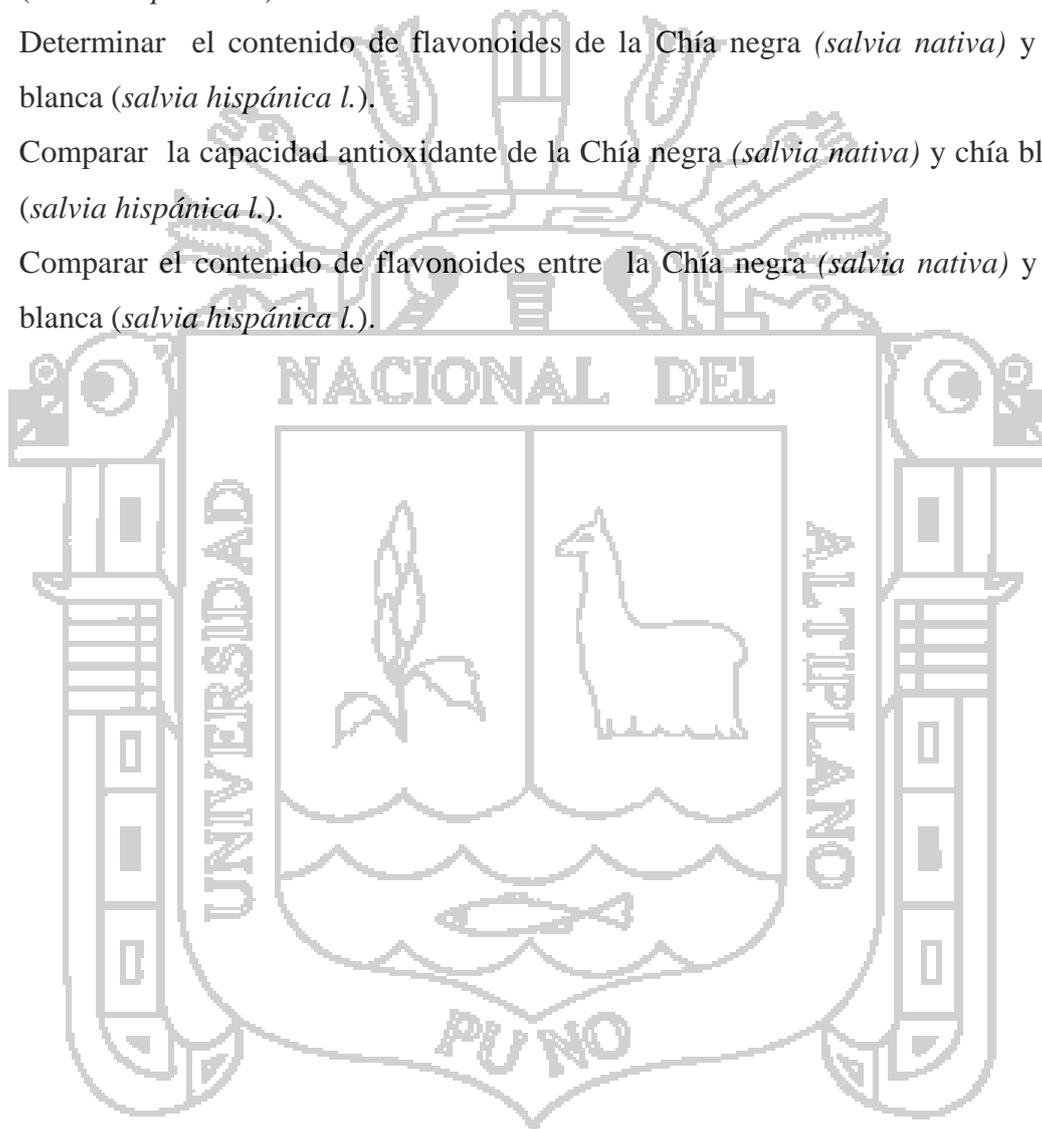
## 2.10 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 2.10.1 OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la capacidad antioxidante y contenido de flavonoides de las variedades de chía (*Salvia hispánica L.*), chía negra y chía blanca.

### 2.10.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la capacidad antioxidante de la Chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*).
- Determinar el contenido de flavonoides de la Chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*).
- Comparar la capacidad antioxidante de la Chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*).
- Comparar el contenido de flavonoides entre la Chía negra (*salvia nativa*) y chía blanca (*salvia hispánica l.*).



## CAPITULO III

### 3.1 METODOS Y MATERIALES

#### 3.1.1 Diseño del estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo porque se describe los resultados obtenidos de la investigación titulada; capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre de la Chía negra (*salvia nativa*) y Chía blanca (*Salvia hispánica L*). Es de tipo observacional porque se observa todos los acontecimientos ocurridos durante el proceso de ejecución del proyecto; capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre de la Chía negra (*salvia nativa*) y Chía blanca (*Salvia hispánica L*). El diseño de la investigación es de corte transversal, porque permite recoger la información precisa de las variables a estudiar, capacidad antioxidante y contenido de flavonoides entre de la Chía negra (*salvia nativa*) y Chía blanca (*Salvia hispánica L*).

#### 3.1.2 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por las dos variedades de chía negra y blanca de la ciudad del cuzco.

La muestra fue no probabilístico, intencional o por conveniencia y estuvo conformada por dos variedades de chía:

- **Unidad de análisis**

Variedades de chía: chía blanca y chía negra.

- **Variable de estudio**

Capacidad antioxidante y contenido de flavonoides.

### 3.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice
Variedad de Chía ( <i>Salvia hispánica L</i> )  • Negra  • Blanca	Análisis de Compuestos Antioxidantes	Flavonoides	Método FOLIN- CIONCALTEU	mg. Ac. Gálico /100gr. m.
		Capacidad antioxidante	Método CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant) Capacidad antioxidante expresada como reducción del ion cúprico.	mmol/g TROLOX  Respectivamente: • Alta capacidad antioxidante : 5 - 10 mmol/g trolox • Buena- media capacidad antioxidante : 3 – 5 mmol/g trolox • Baja capacidad antioxidante : 1 - 2 mmol/g trolox

### 3.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.3.1 MÉTODO CUPRAC

-La actividad antioxidante se determinó de acuerdo al método CUPRAC (Copper Reduction Assay)

-Se pesó aproximadamente y por duplicado 10 gramos de cada muestra, esta se colocó en una fiola con 50 ml de metanol.

-Se llevó a baño de ultra sonido por 30 minutos, a este proceso se le denomina ozonización.

-Luego que las muestras están listas para su análisis se procede a realizar el filtrado con papel whatman N° 4.

-Obtenida la muestra se coloca en tubos de ensayo con las siguientes proporciones de reactivos y muestra:

- Muestra 0.5 ml
- Cloruro de cobre 1 ml
- Neocuproina 1 ml
- Acetato de amonio 1 ml
- Agua destilada 1.5 ml

-Finalmente con las muestras obtenidas, se deja por 30 minutos en la oscuridad luego se lleva al espectrofotómetro para proceder a la lectura correspondiente. A una longitud de onda de 450nm.

#### a. Instrumentos

- **Equipos:**
  - Espectrofotómetro spectronic 21D, cimatic, Milton Roy
  - Balanza analítica modelo AB204
  - pH-Metro
- **materiales:**
  - Placas petris
  - Fiolas pequeñas
  - Matraz
  - Tubos de ensayo de diferentes números
  - Morteros medianos y pequeños

- Embudos
- Pipetas
- Papel Whatman N°4
- **Reactivos:**
  - Cu Cl<sub>2</sub> concentración de 0.01mM
  - Neocuproina concentración de 7.5 mM
  - Trolox 10mM
  - Buffer pH 7 acetato de amonio 0.01mM
  - Folin cicalteu

### 3.3.2 MÉTODO FOLIN-CIOCALTEU

El contenido de flavonoides se determinó en función a polifenoles totales mediante el método, Folin-Ciocalteu.

-Se pesaron aproximadamente y por duplicado 1g de muestra de las dos variedades de chía.

-En una matraz se colocó la muestra con 100 ml de etanol para luego llevar a baño de ultrasonido de 10 a 15 minutos, a este proceso se le denomina ozonización.

-Una vez que las muestras están listas para su análisis se procede a realizar el filtrado con papel whatman N° 4.

-En una fiola de 100 ml se introdujeron los siguientes componentes en el siguiente orden:

- 50 ml de agua destilada
- 1 ml de la muestra
- 5 ml reactivo folin-ciocalteu
- 20 ml de carbonato de sodio al 20%
- Se enraso con agua destilada hasta llegar a 100 ml

-Una vez mezclado todo el conjunto se agito y se guardó en oscuridad y a temperatura ambiente durante media hora. Transcurrido 30 minutos se analizó la reacción con un espectrofotómetro a 670 nm en una cubeta de 1 cm de paso de luz.

### 3.4 TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

- **Análisis de datos.**

Para la recolección de la información, la técnica utilizada es la ficha de recolección de datos, la cual nos ayudó para anotar los resultados obtenidos, siendo aplicado y elaborado debidamente para esta investigación. (ANEXO N° 1)

Para la interpretación de los datos, se utilizó la base de datos MICROSOFT OFFICE EXCEL 2010, auto administrada, dirigida a la capacidad antioxidante y contenido de flavonoides en dos variedades de chía, chía blanca y chía negra Puno 2015.



## CAPITULO IV

## 4.1 RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla N° 1 Capacidad antioxidante de la muestra de chia negra y blanca

MUESTRA	RESULTADOS EXPRESADOS EN mmol/g TROLOX
CHIA NEGRA	7.50
CHIA BLANCA	6.50

*Fuente: resultados obtenidos del estudio.*

La tabla N° 01 muestra el resultado obtenido de la muestra de chía negra y blanca respectivamente, la capacidad antioxidante de la muestra de chía negra fue 7.50 mmol/g TROLOX, la capacidad antioxidante de la muestra de chía blanca fue 6.50mmol/g TROLOX, si bien se sabe que los antioxidantes son compuestos fenólicos que inhiben o retrasan el proceso oxidativo de otras moléculas, la mayoría de antioxidantes se obtienen a partir de plantas, esta investigación muestra claramente una alternativa para el consumo como parte de la alimentación cotidiana.

Las alternativas en alimentos que contengan antioxidantes son un aporte para el beneficio y mejora de la salud, así se lograra mantener en equilibrio los procesos de óxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo y los que son ocasionados por el medio externo.

La semilla de chía contiene una cantidad de compuestos con potente actividad antioxidante, entre los más importantes se encuentran el  $\delta$  y  $\gamma$ - tocoferol y antioxidantes fenólicos tales como ácidos clorogénico, cafeico, flavonoles (miricetina, quecetina y kaempferol). La importancia de los mismos radica en su protección frente a la oxidación lipídica que afecta tanto la calidad de los alimentos como la salud de los consumidores, con el posible deterioro de las características organolépticas, funcionales y nutricionales. (20)

Lo que más se ha difundido es el contenido de antioxidantes en frutas y verduras, relevando a otros alimentos como la chía que tiene cualidades nutricionales establecidas y estudiadas al cual incluiremos una característica importante que es la capacidad antioxidante que hace que esta semilla sea un alimento de calidad nutricional y cualidades organolépticas muy percibidas para la población.

En un estudio realizado por Lila H. (2014) se obtuvo que la capacidad antioxidante de la variedad de papa nativa imilla negra fue la que presentó mayor cantidad de capacidad antioxidante que fue 3.44 mmol/g trolox en comparación con el estudio realizado, la chía negra presenta mayor cantidad ya que presenta 7.5 mmol/g trolox, Podemos ver que el contenido de antioxidante de la chía negra, da un valor agregado y favorece a fomentar el consumo de esta y ser elegida por el consumidor, ante otras semillas, cabe resaltar que las enfermedades crónicas degenerativas van incrementando y una manera de prevenir esta situación alarmante, es consumiendo alimentos con contenido antioxidante como la chía.

Gonzales F. (2010) menciona que en los resultados obtenidos mostraron que la fracción desengrasada de la semilla de chía contiene una elevada capacidad antioxidante (8.87 mmol/g TROLOX), en comparación a los resultados de la capacidad antioxidante de la chía negra que es de 7.5 mmol/g TROLOX ambos resultados son muy similares.

Joana M., Carme G. determinó la actividad antioxidante de variedades de vinos de las islas baleares y los resultados obtenidos mostraron que las variedades tintas, especialmente la variedad Sabater, fue la que presentó un mayor contenido en polifenoles y por tanto, una mayor actividad antioxidante e intensidad de color.

Las variedades blancas presentaron valores de éstos parámetros notablemente inferiores a los obtenidos para las tintas; en comparación de este estudio podemos observar que al igual que en los vinos la chía negra fue la que presentó mayor capacidad antioxidante por el color que esta presenta seguida de la chía blanca con un valor inferior a la chía negra.

En un estudio realizado por Hally H. (2014) se obtuvo que la capacidad antioxidante de las variedades que quinua fueron 5.41 mmol/g trolox negra collana, 5.86 mmol/g trolox rosada pasankalla, en comparación a los resultados obtenidos de las variedades de las dos variedades de chía observamos que la chía presenta un alto contenido de capacidad antioxidante en comparación a la quinua.

Cientos de trabajos científicos son publicados anualmente sobre el rol de los antioxidantes en la promoción de la salud, en la prevención de enfermedades y en los aportes a las necesidades nutricionales. Estos campos de la ciencia son centrales debido al creciente interés en nutraceuticos, suplementos dietarios, y en el uso de la genómica y la biotecnología para incrementar el contenido de antioxidantes no solo en plantas sino también en alimentos. (26)

El nexo entre el consumo de antioxidantes a través de la dieta y la promoción de la salud es complicado debido a la presencia de muchas variables, el impacto debido al consumo de una determinada cantidad de un antioxidante varia ampliamente en función de la variación del estado general de salud, del consumo de medicamentos y drogas, del crecimiento anormal de células, de infecciones y desordenes funcionales tales como la diabetes, la edad, el ejercicio físico y la genética también desempeñan un rol importante. (21)

Porque, un punto importante que se debe tener en cuenta, y que es apoyado por la literatura científica, es que la acción beneficiosa de los antioxidantes contenidos en los alimentos está en relación con la mezcla de estos compuestos, y no con la presencia de uno de ellos en forma individual. El método CUPRAC determina la capacidad antioxidante total de un determinado alimento, lo que hace que este método sea el indicado, para esta investigación. (13)

**Tabla N° 2 Contenido de flavonoides de la chia negra y blanca**

MUESTRA	RESULTADOS EXPRESADOS EN mg/L de ácido gálico
CHIA NEGRA	295.00
CHIA BLANCA	185.91

*Fuente: resultados obtenidos del estudio.*

La tabla N° 2 demuestra el resultado obtenido de la muestra de chía negra y blanca respectivamente obteniendo como resultado que la muestra de chía negra presenta 295.00 mg/L de ácido gálico, la muestra de chía blanca presenta 185.91 mg/L de ácido gálico.

Los polifenoles son fitoquímicos de bajo peso molecular, esenciales para el ser humano. Estos constituyen uno de los metabolitos secundarios de las plantas, más numerosos y distribuidos por toda la planta, con más de 800 estructuras conocidas en la actualidad. Los polifenoles naturales pueden ir desde moléculas simples (ácido fenólico, hidroxitirosol, fenilpropanoides, flavonoides), hasta compuestos altamente polimerizados (ligninas, taninos). Los flavonoides representan el subgrupo más común y ampliamente distribuido y entre ellos los flavonoles son los más ampliamente distribuidos.

Al estar ampliamente distribuidos en el reino vegetal, constituyen parte integral de la dieta. Los polifenoles poseen una estructura química ideal para la actividad como consumidores de radicales libres. Su propiedad como antioxidante, proviene de su gran reactividad como donantes de electrones e hidrógenos y de la capacidad del radical formado para estabilizar y deslocalizar el electrón desapareado (termina la reacción en cadena) y de su habilidad para quelar iones de metales de transición. (19)

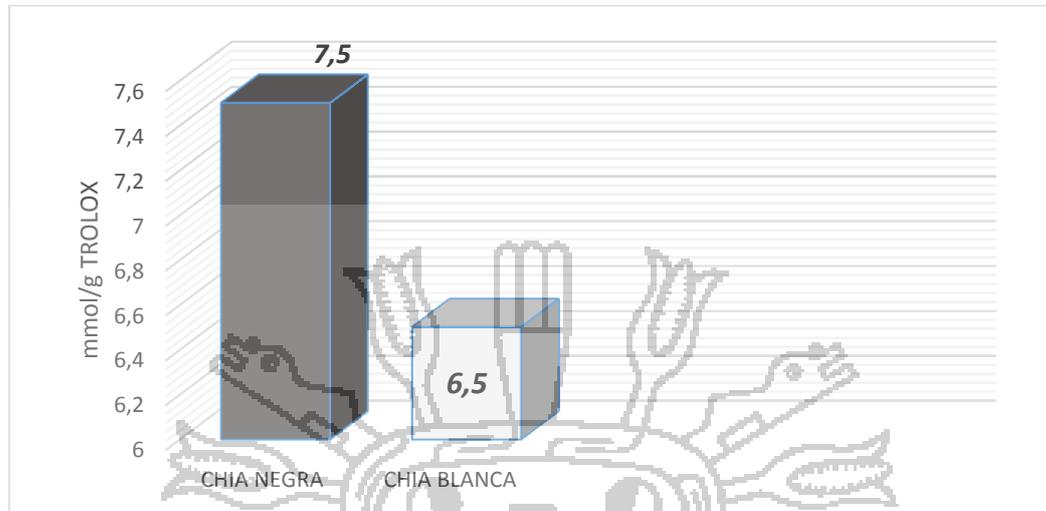
Gonzales F. (2010). Menciona que los resultados obtenidos en el aceite de chía muestra valores de fenoles totales comparables (120 mg ácido gálico/L) en relación al aceite de olivo (133.6 mg ácido gálico/L) en comparación de este estudio que se obtuvo 295.00 mg/L de ácido gálico en la chía negra, la muestra de chía blanca presenta 185.91 mg/L de ácido gálico. Podemos ver una diferencia considerable entre estos resultados en cuanto a la chía porque el estudio realizado por Francisco G. fue en una fracción desengrasada de chía.

Lila H. (2014) Menciona que en los resultados del estudio que realizó obtuvo que la variedad de papa nativa imilla negra, fue la que presento un mayor contenido en polifenoles con 139.84 mgGAE/L, La variedad de papa nativa imilla roja presento, 126.94 mgGAE/L de polifenoles totales. Y por último se tiene, la variedad de papa nativa ccompis con un 122.97 mgGAE/L en polifenoles totales, podemos ver que la chía negra tuvo como resultado 295.00 mg/L de ácido gálico, la chía blanca presenta 185.91 mg/L de ácido gálico en comparación a las variedades de papas nativa la chía presenta mayor contenido de polifenoles haciendo de este un alimento con mayor valor nutricional.

Hally H.(2014) Determinó el contenido de polifenoles de dos variedades de quinua que fueron quinua negra collana y rosada pasancalla obteniendo como resultado 141.672 mgGAE/L negra collana, 144.385 mgGAE/L rosada pasancalla, en comparación a estos resultados vemos que la chía tiene mayor contenido de polifenoles totales.

La importancia en la cuantificación de polifenoles en los alimentos radica en que estos además de sus propiedades biológicas, se le atribuye propiedades farmacológicas y médicas que están relacionadas a la prevención y/o mejora del estado de salud, destacando sus efectos anti carcinogénicos, antiinflamatorios, antivirales, vasodilatadores, bactericidas. (19)

**Grafico N° 1** Comparacion de la capacidad antioxidante de las muestras de chia negra y blanca.



*Fuente: resultados obtenidos del estudio.*

En el gráfico N° 01 se observa los resultados obtenidos de las dos muestras de chía negra y blanca, donde se aprecia que la muestra de chía negra tuvo 7.50 mmol/g TROLOX que es una buena capacidad antioxidante, seguida por la muestra de chía blanca con un 6.50 mmol/g TROLOX. Podemos observar que no hay gran diferencia entre las dos semillas de chía.

Estos resultados evidencian que la muestra de chía negra presenta una corta diferencia en cuanto a la capacidad antioxidante sobre la otra muestra que es la chía blanca.

Algunos vendedores promueven la semilla de chía blanca como superior en calidad nutricional a la semilla negra. De hecho, algunos incluso han solicitado un patente sobre la base de un reclamo de haber desarrollado una variedad única de las semillas. Sin embargo, Ayerza y Coates sostienen que de existir la diferencia nutricional entre las semillas de chía, sea probablemente debido a las condiciones en que se cultiva la semilla y no el color de la semilla misma. (20)

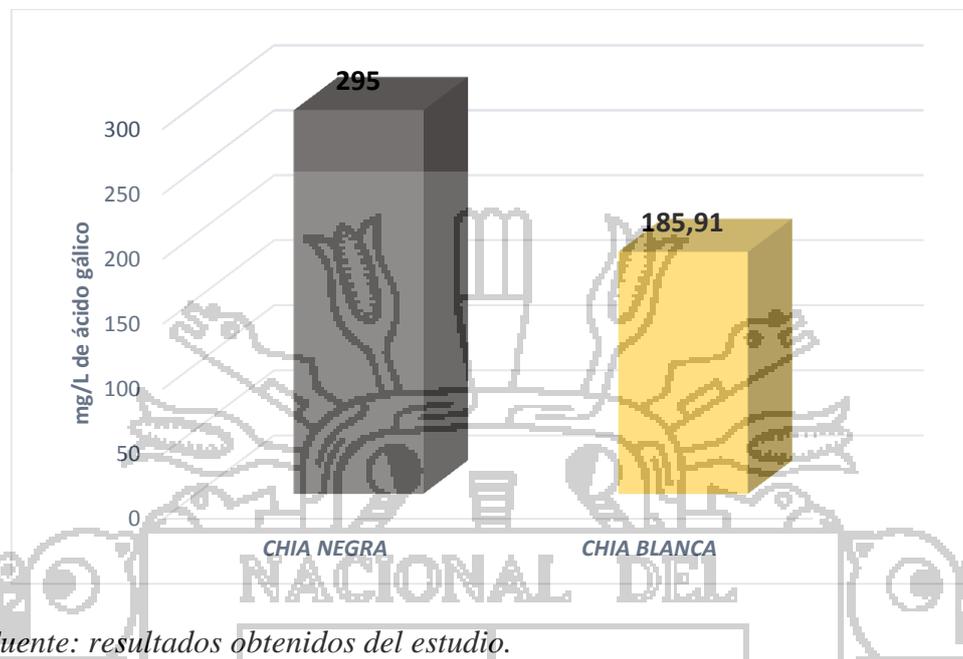
Ambas variedades de chía son una variedad de salvia hispánica L. y ambas están muy cerca en cuanto al valor nutricional. En términos generales no hay gran diferencia entre las semillas más que su color. Sin embargo la razón por las que algunas personas prefieren las semillas de chía blanca es con fines estéticos. Tal vez algunas recetas se ven mejor con semillas blancas, en el sudeste de Asia los importadores tienen una preferencia por las semillas blancas ya que en su mayoría extraen el aceite de estas

semillas y el aceite de semilla de color negro tiene menor demanda, de cualquier manera la chía es un alimento muy nutritivo ya sea negra o blanca. (20)

Se dice que los alimentos tienen capacidad antioxidante cuando son capaces de neutralizar la acción antioxidante de una entidad molecular inestable, los radicales libres, estos son productos naturales intermediarios del metabolismo que dentro de la homeostasis metabólica normal son regulados por la acción de una serie de enzimas y vitaminas. Al radical libre producto de estrés, de diferentes tipos, condiciones anormales de radiación, etc., se les atribuye ser causantes de los procesos de envejecimiento y de varias enfermedades. (26)



**Grafico N° 2 Comparación del contenido de flavonoides de las muestras de chia  
negra y blanca**



*Fuente: resultados obtenidos del estudio.*

En el grafico N° 02 se observa la comparación del contenido de flavonoides en polifenoles totales, de las muestras de chía negra y chía blanca. Donde, se aprecia que la muestra de chía negra presenta 295.00 mg de ácido gálico/L en polifenoles totales, la muestra de chía blanca presenta 185.91 mg de ácido gálico/L en polifenoles totales.

La chía negra presenta mayor contenido de polifenoles que la chía blanca esta relación se encontró también en el estudio realizado por Joana M. (2012) quien realizó un estudio sobre la composición fenólica de los vinos de las islas baleares teniendo como resultado que las variedades tintas, especialmente la variedad Sabater, fue la que presentó un mayor contenido de polifenoles por su intensidad de color. Las variedades blancas presentaron valores notablemente inferiores a los obtenidos para las variedades tintas, al igual que otros alimentos como es el estudio de Lila H. (2014) la papa nativa imilla negra, fue la que presento un mayor contenido en polifenoles por el color que ésta presenta, la chía negra presenta una buena cantidad de polifenoles por el color oscuro que presenta resaltando su valor nutricional.

Las antocianinas son los pigmentos rojo, azul y de color oscuro de los pétalos de las flores y de diversos alimentos, las antocianinas existen típicamente como glucosidos. Proantocianidinas se localizan en las semillas de uva, vino tinto, extracto de corteza del

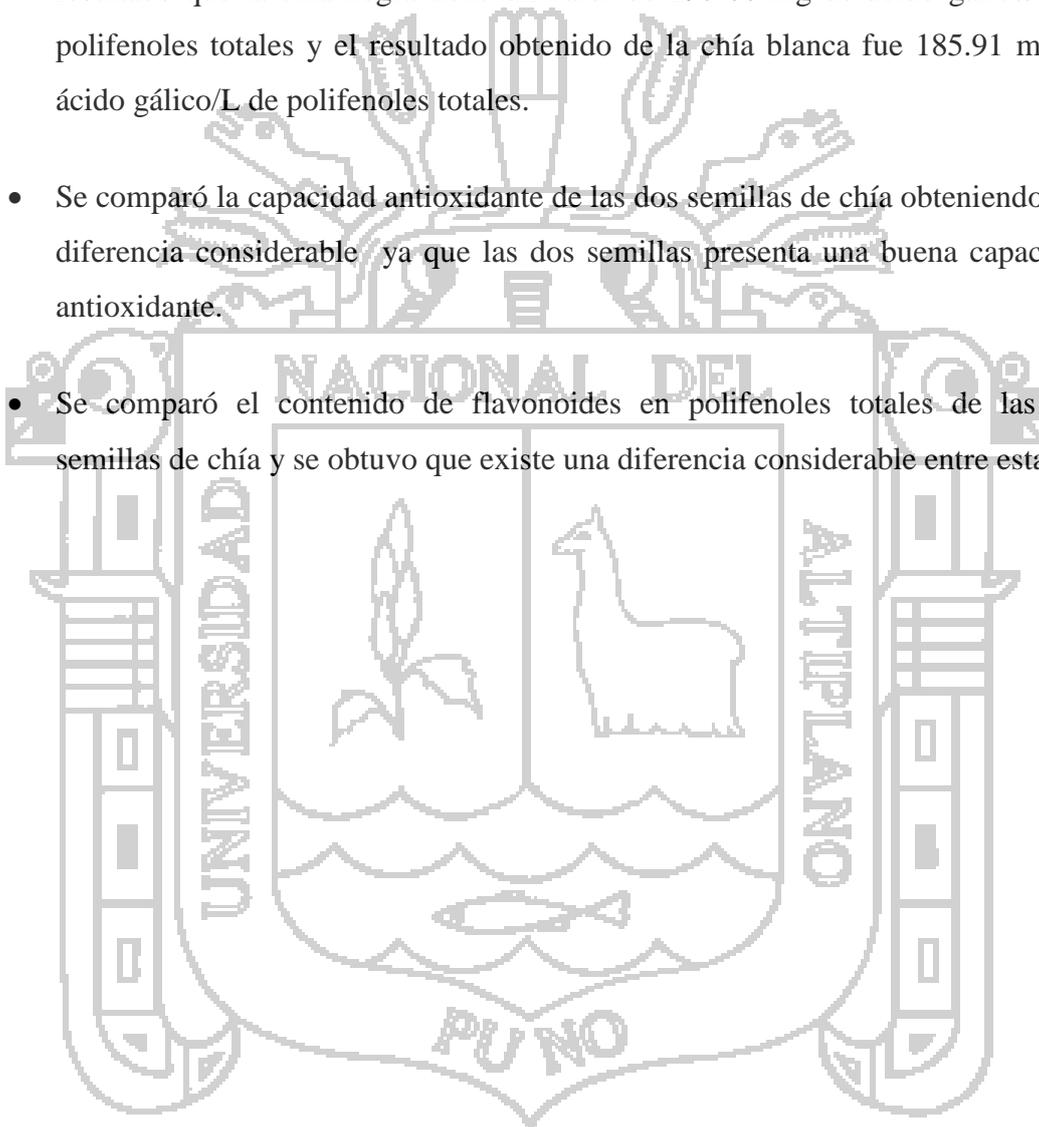
pino marino y de diversos alimentos con coloración oscura, es por ello que la chía negra presenta una diferencia considerable al de la chía blanca (19)

También se debe resaltar que se cumplieron los objetivos establecidos en esta investigación, las dos muestras de chía presentan una capacidad antioxidante buena y buen contenido de flavonoides en polifenoles, los alimentos oriundos de cada región tiene un alto valor nutricional, los cuales son recomendados para el consumo humano para brindar los nutrientes necesarios para la alimentación y así poder llevar una vida más saludable.



## CONCLUSIONES

- Se determinó la capacidad antioxidante de las dos muestras y los resultados obtenidos fueron chía negra 7.50 mmol/g TROLOX y chía blanca 6.50 mmol/g TROLOX, presentando así una buena capacidad antioxidante, siendo los resultados semejantes entre sí.
- Se determinó el contenido de flavonoides en polifenoles totales, se obtuvo como resultado que la chía negra tiene un valor de 295.00 mg de ácido gálico/L de polifenoles totales y el resultado obtenido de la chía blanca fue 185.91 mg de ácido gálico/L de polifenoles totales.
- Se comparó la capacidad antioxidante de las dos semillas de chía obteniendo una diferencia considerable ya que las dos semillas presenta una buena capacidad antioxidante.
- Se comparó el contenido de flavonoides en polifenoles totales de las dos semillas de chía y se obtuvo que existe una diferencia considerable entre estas.



### RECOMENDACIONES

- Se recomienda consumir cualquier variedad de chía, en diferentes preparaciones para así tener beneficios para la salud.
- Utilizar otras variedades de chía para la determinación de antioxidantes y otros estudios adicionales por medio de otros métodos como DPPH, ABTS, ORAC entre otros para corroborar datos, profundizar y mejorar futuras investigaciones.
- Incluir en la tabla de composición química de alimentos peruanos compuestos que en la actualidad son estudiados tales como capacidad antioxidante, contenido de flavonoides ya que son importantes.
- Por último, se recomienda dar más énfasis a la producción de la chía, ya que esto va a generar gran demanda en la población, trayendo consigo un aporte económico a la agricultura de nuestro país.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) CAPITANI, M., SPOTORNO, V., NOLASCO, S., TOMÁS, M., “Caracterización fisicoquímica y funcional de subproductos de Chía (. Salvia hispánica L) de semillas de Argentina. 2012” - Ciencia y Tecnología de Alimentos 45 94-102.
- 2) IXTAINA, V., MARTÍNEZ, M., SPOTORNO, V., MATEO, C., MESTRI, D., DIEHL, B., NOLASCO, S., TOMÁS, M.: “Caracterización de Chia seedoils realizado según presionando y solvente composición extraction Journal Alimentos y Análisis” 24. 166-174 EE.UU 2012.
- 3) ALBERTO, C., “Estudios cromosómicos en especies de Salvia (Lamiaceae) de Argentina 2003” Diario Botánico de la Linnean Society 141 (4): 483-490.
- 4) BROWN, C; WROLSTAD, R. et al. (2003) “Breeding studies in potatoes containing high concentration of anthocyanins. American Journal of Potato Reasearch”. 80:241-250.
- 5) MARTÍNEZ, S., GONZÁLEZ, J. : “Los flavonoide: Propiedades y Acciones antioxidantes”. Nutr Hosp , España2002.17, 271-278
- 6) GUTIERREZ, P.: “Elaboración de galletas con semilla de chíá (salvia hispánica) como alimento funcional con aporte de ácidos grasos omega-3”. Chile 2007
- 7) JARAMILLO, G.: “La chíá (salvia hispanica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables.” Antioquia 2013.
- 8) HERNÁNDEZ, G., MIRANDA, C.: “Caracterización Morfológica de Chíá (Salvia hispánica)” México 2008.
- 9) SAPIO, O.; Cátedra de Botánica Facultad de Ciencias Bioquímicas de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/3AM24.htm>
- 10) CAHILL, J.: “Etnobotánica de chíá, Salvia Hispánica L. (Lamiaceae).” Argentina 2011 Botánica Económica 57 (4). PPP. 604-618-278.
- 11) LEIGHTON, F. (2008). “Polifenoles y flavonoides”. Boletín ciencia vino y salud. Programa bases moleculares de las enfermedades crónicas. Facultad de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica – Chile.
- 12) REVISTA ACADEMICA. (2011). Universidad San Antonio de Abad. Innovación disponible <http://www.unsaa.edu.pe/archivosinv/tesis0157>
- 13) REYES, J. (2009). “Capacidad antioxidante de algunos vegetales crudos y cocidos.” Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México
- 14) MADHAVI, D., DESPANDE, S., SALUNKHE, D., “los antioxidantes alimentarios” (Ed.). Marcel Dekker, Nueva York 1999, p. 1.

- 15) LONDOÑO, J. (2008) “Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad”. Programa de ingeniería de alimentos, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Grial-España.
- 16) MORALES, A. (2008). :”Fruto terapia, nutrición y salud. Colombia” eco ediciones.
- 17) SIMO, C. IBAÑEZ, E. BARBAS, C. REGLERO, G. CIFUENTES.A. Análisis de antioxidantes naturales por métodos de electromigración capilar. Diario Agrícolas Chemist`s Alimentos Argentina 2012.
- 18) MEDINA O, et al. (2008). Comparación de la composición y capacidad antioxidante de algunos cereales y pseudocereales. “Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos”. Bogota-Colombia
- 19) HIRANO, R., SASAMOTO, W., MATSUMOTO, A., ITAKURA, H., KONDO, K.: “capacidad antioxidante de diversos flavonoides contra los radicales DPPH y LDL” oxidation. Internal Medicina I, Defensa del Colegio Médico Nacional, Tokorozawa, Saitama, Japan. J Nutr Sci Vitaminol (Tokio) 2001, 47 : 357-362
- 20) AYERZA, R., COATES, W., (2002). “Semillas de chía: nueva fuente natural de ácidos grasos omega-3, antioxidantes y fibra dietética. México
- 21) AVELLO, M., SUWALSKY, M., (2006) “radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección.” Chile.
- 22) PEREZ, C., JIMENEZ, F., (2011) “metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas” departamento de metabolismo y nutrición, instituto del frío. Madrid – España
- 23) FLORAL A. et al. (2008) “Relación entre la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles y flavonoides de extractos etanólicos de polen de distinto origen” Universidad Nacional De Santiago del Estero. Argentina, consultado el 10 de Enero. Disponible en: <http://www.unse.edu.com.ar/l1chailou.pdf>.
- 24) BRAND, W., et al. (1995). “Use of free radical method to evaluate antioxidant activity”.
- 25) KUSKOSKI, M., et al. (2009) “Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos” revista CONABIO. Chile.
- 26) SANDOVAL, M., et al. (2010) “efecto antioxidante y citoprotector del solanum tuberosum (papa) en la mucosa gástrica de animales de experimentación” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.

- 27) BROWN, C; WROLSTAD, R. et al. (2003) "Breeding studies in potatoes containing high concentration of anthocyanins. American Journal of Potato Research". 80:241-250.
- 28) HERNÁNDEZ A. Evaluación Sensorial. Bogotá: "Centro Nacional de Medios para el aprendizaje"; 2005

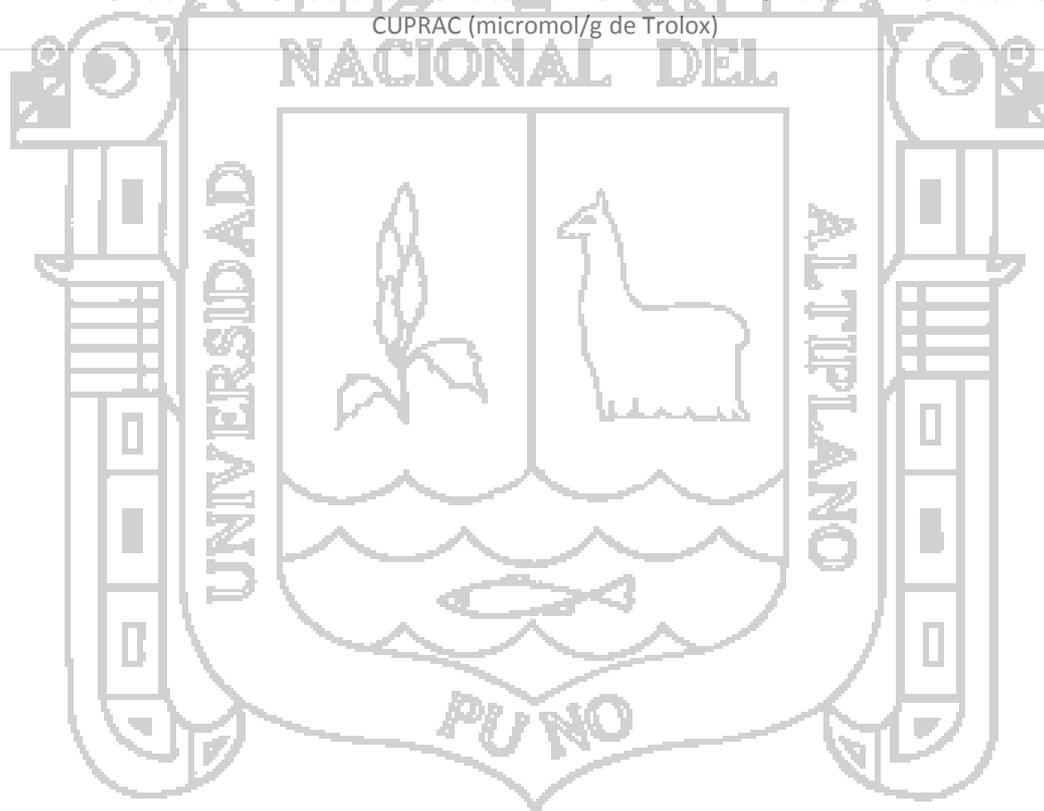
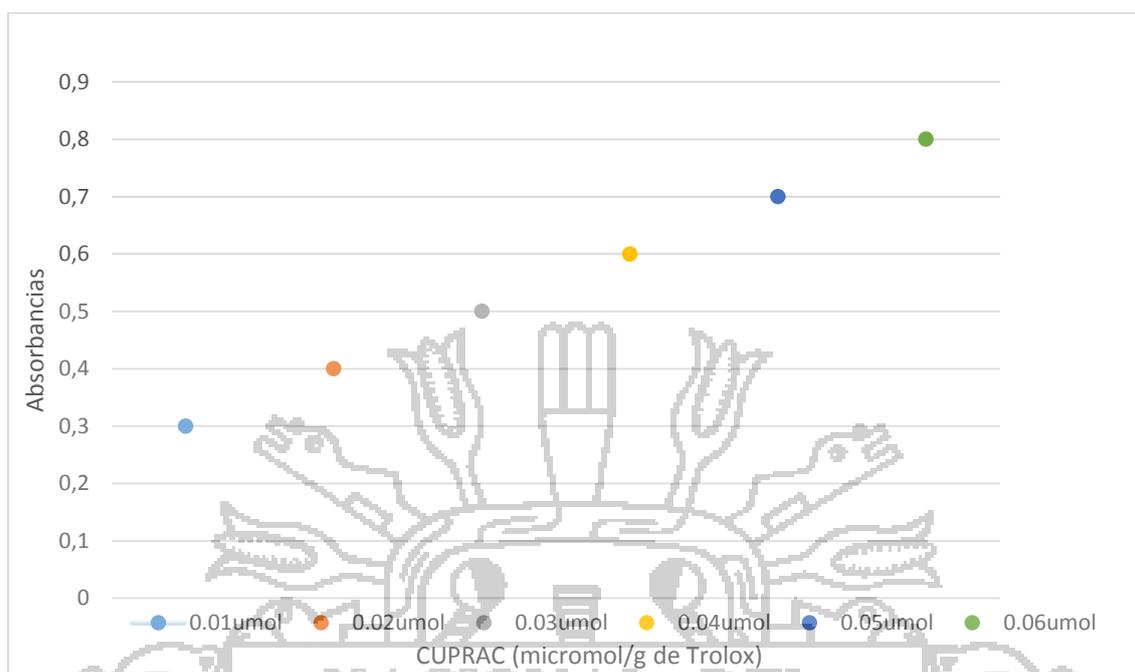




**Anexo N° 1 Ficha de recolección de datos para los resultados de las muestras de chia**

Muestras	Peso de muestras	Rotulo	ABS 450nm
			CUPRAC *umol/g trolox
Chía negra	10 gr.	A	7.50
Chía blanca	10 gr.	B	6.50
Segunda prueba	peso de muestras	Rotulo	FENOLES TOTALES *mgGAE/L
Chía negra	10 gr.	CN	295.00
Chía blanca	10 gr.	CB	185.91

Anexo N° 2 Anexo n° 02 curva de calibración cuprac – capacidad antioxidante



**Anexo N° 3** Curva estandar segun acido galico – metodo folin ciocalteau para polifenoles totales



**CONCENTRACIONES DETERMINADAS SEGUN ACIDO GALICO – METODO FOLIN CIOCALTEAU PARA POLIFENOLES TOTALES**

CONCENTRACION	ABSORBANCIA	CONCENTRACION/ABS
0	0.000	-----
50	0.055	909.09
100	0.105	952.38
200	0.217	921.66
300	0.321	934.58
400	0.436	917.43
500	0.532	939.84

**Anexo N° 4** Certificado obtenido de la ejecución de la capacidad antioxidante por el método cuprac- muestra chia negra



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 251210 ANEXO 1166  
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**N° DE INFORME: ANA15A15.001538B**

Nombre del Cliente : KELY EUSEBIA MULLER TITO  
 Dirección del Cliente : JIRON MIRAFLORES 859 JULIACA  
 RUC : NO CORRESPONDE  
 Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
 Descripción : CHIA NEGRA  
 Tamaño de muestra : 1000 g  
 Fecha de Recepción : 15/01/2015  
 Fecha de inicio del Ensayo : 15/01/2015  
 Fecha de Emisión de Informe : 22/01/2015  
 Página : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:**

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACION DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (mmol /g TROLOX) Método CUPRAC	7,50

**OBSERVACIONES:**  
 Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDEGOP-SNA

*[Firma]*  
 Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
 CQFDA 00624  
 JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

**Anexo N° 5** Certificado obtenido de la ejecucion de la capacidad antioxidante por el metodo cuprac- muestra chia blanca



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS**  
**LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 64 251210 ANEXO 1166  
 ✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📍 Apdo. 1350  
 AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO**  
**N° DE INFORME: ANA15A15.001538A**

Nombre del Cliente : KELY EUSEBIA MULLER TITO  
 Dirección del Cliente : JIRON MIRAFLORES 859 JULIACA  
 RUC : NO CORRESPONDE  
 Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE  
 Descripción : CHIA BLANCA  
 Tamaño de muestra : 1000 g  
 Fecha de Recepción : 15/01/2015  
 Fecha de Inicio del Ensayo : 15/01/2015  
 Fecha de Emisión de Informe : 22/01/2015  
 Página : 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:**

ANALISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (mmol/g TROLOX) Método CUPRAC	6.50

**OBSERVACIONES:**

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOP-SNA

*[Firma]*  
 Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
 C.C.F.D.A. 00624  
 JEFE DE LABORATORIO LECC



Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

**Anexo N° 6 Certificado obtenido de la ejecucion del contenido de polifenoles totales por el metodo folin ciocalteu- muestra chia negra**



**Certificado de Análisis**

LQ-2015 N° 048

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: CHIA NEGRA  
**PROCEDENCIA** : Jirón Miraflores N° 859 - Juliaca  
**PROYECTO** : Ejecución de Tesis  
**INTERESADO** : Bach. Kely Eusebia Müller Tito  
**MOTIVO** : Determinación de Polifenoles Totales  
**MUESTREO** : 26/10/2015, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 26/10/2015

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Polifenoles Totales (mg/L expresados en ácido gálico)	mg/L	295.00	Espectrofotómetro (670 nm)

**OBSERVACION:**

- 1.- Los resultados se expresan sobre base seca
  - 2.- Base cálculo: 1 gramo de muestra
  - 3.- Temperatura promedio ambiental 14 °C
- Puno, C.U. 30 de octubre de 2015.  
 VºBº



Dr. Edwin C. Boza Condorena  
 DECANO F.I.Q.  
 UNA - PUNO



ING. CARMEN LUCILE CALZAVA  
 Jefa Laboratorio Control de Calidad  
 FACULTAD INGENIERÍA QUÍMICA  
 UNA - PUNO

**Anexo N° 7 Certificado obtenido de la ejecucion del contenido de polifenoles totales por el metodo folin ciocalteu- muestra chia blanca**



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N0481

**Certificado de Análisis** IQ-2015

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de: **CHIA BLANCA**

**PROCEDENCIA** : Jirón Miraflores N° 859 - Juliaca

**PROYECTO** : Ejecución de Tesis

**INTERESADO** : Bach. Kely Eusebia Muller Tito

**MOTIVO** : Determinación de Polifenoles Totales

**MUESTREO** : 26/10/2015, por el interesado

**ANÁLISIS** : 26/10/2015

---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS**

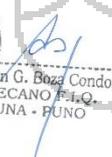
Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Polifenoles Totales (mg/L expresados en ácido gálico)	mg/L	185.91	Espectrofotómetro (670 nm)

**OBSERVACION:**

- 1.- Los resultados se expresan sobre base seca
- 2.- Base cálculo: 1 gramo de muestra
- 3.- Temperatura promedio ambiental 14 °C

Puno, C.U. 30 de octubre de 2015.

VºBº



Dr. Germán G. Boza Condorena  
DECANO F.I.Q.  
UNA - PUNO



Jefe de Laboratorio  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA - PUNO

Anexo N° 8 Equipos utilizados en laboratorio equipo de ultra sonido



NACIONAL DEL  
ESPECTOFOTOMETRO



BALANZA ANALITICA



Anexo N° 9 Fotografías del procedimiento de capacidad antioxidante



Anexo N° 10 Fotografías del procedimiento de polifenoles totales

