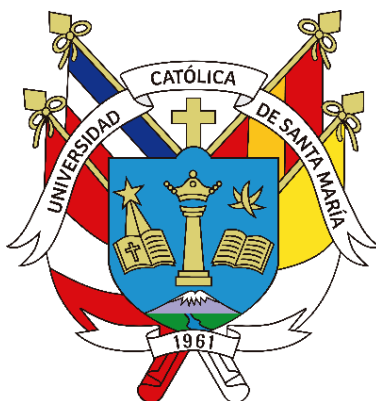


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y
Biotechnológicas
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica



**Evaluación del contenido de compuestos fenólicos y su relación con la
capacidad antioxidante en los extractos de dos variedades de semillas de
melón (*Cucumis melo L.*), Arequipa 2024**

Tesis presentada por la Bachiller:

Berrio Quintanilla, Yamile Nikole

ORCID: 0009-0008-4408-9525

para optar el Título Profesional de Química Farmacéutica

Asesor (a):

Mg. Paredes Fuentes, Julitza Lindsey

ORCID: 0000-0003-2541-1802

Arequipa- Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FARMACIA Y BIOQUIMICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Enero del 2024

Dictamen: 011082-C-EPFyB-2024

Visto el borrador del expediente 011082, presentado por:

2017204532 - BERRIO QUINTANILLA YAMILE NIKOLE

Titulado:

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y SU RELACIÓN CON LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LOS EXTRACTOS DE DOS VARIEDADES DE SEMILLAS DE
MELÓN (CUCUMIS MELO L.), AREQUIPA 2024**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

**29247630 - CORZO SALAS DE VALDIVIA ANGELICA MAGDALENA
DICTAMINADOR**



**00476696 - BERNABE ORTIZ JULIO CESAR
DICTAMINADOR**



**42212200 - DE LA FUENTE TORRES MOCITA HESET LOURDES
DICTAMINADOR**



Evaluación del contenido de compuestos fenólicos y su relación con la capacidad antioxidante en los extractos de dos variedades de semillas de melón (Cucumis melo L.), Arequipa 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

3%

2

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

3%

3

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

5

expeditiorepositorio.utadeo.edu.co

Fuente de Internet

1%

6

revistas.unicolmayor.edu.co

Fuente de Internet

1%

7

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

es.scribd.com

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, quien me dio la fortaleza para seguir adelante en toda mi formación profesional y poder culminar esta meta.

A mi mamá quien, con sus consejos y palabras de amor, me brindó su apoyo incondicional en todo momento y me ayudó en todo el proceso de mi carrera profesional.

A mi papá, quien me brindó palabras de aliento para seguir adelante.

También a mis hermanos, Jonathan y Kevin, quienes son mi ejemplo a seguir y mi motivación para alcanzar mis metas.

La autora.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente la orientación de Dios que ha iluminado mi camino en mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en mis tropiezos y por haberme regalarme una vida llena de enseñanzas, experiencias y felicidad.

A mis padres, por brindarme su apoyo para alcanzar mis metas y objetivos personales y profesionales y a pesar de las adversidades afrontarlo y no abandonarlo.

A mis Hermanos y familiares, por ser parte importante en mi vida y brindarme su cariño y apoyo.

A mi asesora, Julitza Paredes, por su buena disposición a guiarme en este proceso, apoyarme y darme consejos de mejora.

A todas mis amistades, con quienes compartí toda esta aventura universitaria, gracias por las experiencias, los conocimientos compartidos y las historias vividas, las cuales siempre quedarán grabadas en mi memoria. Así mismo, a aquellas amistades formadas fuera de la casa de estudios, gracias por su amistad incondicional, sus ánimos y sus buenos deseos.

La autora.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar la capacidad antioxidante y su influencia con los compuestos fenólicos a partir del extracto de semillas de *Cucumis melo L* (melón). Para ello, se abordó una metodología de enfoque cuantitativo, diseño experimental y alcance explicativo. La materia prima estuvo representada por 10 g de semillas para las variedades Honeydew y Cantalupo, a partir de las cuales se tomaron alícuotas para las diferentes pruebas de laboratorio. Para la extracción, se empleó el método de sonicación, y para la determinación de compuesto fenólicos, se aplicó el método de Folin – Ciocalteu, para la determinación de la capacidad antioxidante, se aplicaron los métodos de CUPRAC y DPPH. Los resultados dieron a conocer la presencia de compuestos fenólicos en los extractos, encontrándose un promedio de 40.84 mg GAE/100g de extracto y 37.38 mg GAE/100 g de extracto las variedades Honeydew y Cantalupo respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante por CUPRAC, se obtuvo un promedio de 151.32 $\mu\text{M/g}$ de ácido ascórbico equivalente en los extractos de Honeydew y, 104.69 $\mu\text{M/g}$ de ácido ascórbico equivalente en los extractos de Cantalupo. La capacidad antioxidante por DPPH mostró un valor medio de 118.3 $\mu\text{M TE/100g}$ para la variedad Honeydew y de 89.92 3 $\mu\text{M TE/100g}$ para la variedad Cantalupo. En cuanto a la relación entre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, se encontró un mayor coeficiente de determinación (R^2) con el método CUPRAC con 0.9919 y 0.9952 para Honeydew y Cantalupo respectivamente. El análisis de varianza lineal del modelo, arrojó una significancia menor a 0.05. Se comparó el contenido de CFT medido por el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante medida por el método DPPH entre las variedades de melón, encontrando que, no existe diferencia significativa entre las variedades. Así mismo, para la capacidad antioxidante medida por el método CUPRAC se halló una diferencia significativa entre las variedades de semillas de melón.

Palabras claves: Capacidad antioxidante, Compuestos fenólicos, DPPH. CUPRAC.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the antioxidant capacity and its relationship with phenolic compounds from the seed extract of *Cucumis melo* L (melon). To this end, a methodology of quantitative approach, experimental design and explanatory scope was addressed. The population was represented by 10 g of extracts from the seeds of Honeydew and Cantalupo melons, from which aliquots were taken for the different laboratory tests. For extraction, the sonication method was used, for the determination of phenolic compounds, the Folin – Ciocalteu method was applied, for the antioxidant capacity, the CUPRAC and DPPH methods were applied. The results revealed the presence of phenolic compounds in the extracts, with an average of 40.84 mg GAE/100 g of extract and 37.38 mg GAE/100 g extract for Honeydew and Cantalupo melons, respectively. Regarding the antioxidant capacity of CUPRAC, an average of 151.32 $\mu\text{M/g}$ of ascorbic acid was obtained in the Honeydew extracts and 104.69 $\mu\text{M/g}$ of ascorbic acid in the Cantalupo extracts. The antioxidant capacity by DPPH showed a mean value of 118.3 $\mu\text{M TE/100g}$ for the Honeydew melon and 89.92 3 $\mu\text{M TE/100g}$ for the Cantalupo melon. Regarding the relationship between phenolic compounds and antioxidant capacity, a higher coefficient of determination (R^2) was found with the CUPRAC method with 0.9919 and 0.9952 for Honeydew and Cantalupo respectively. The linear variance analysis of the model showed a significance of less than 0.05. Regarding the comparison of the FTC content measured by the Folin-Ciocalteu method and the antioxidant capacity measured by the DPPH method among melon varieties, no significant differences were found between them. Similarly, for the antioxidant capacity measured by the CUPRAC method, a significant difference was found between melon seed varieties.

Keywords: Antioxidant capacity, Phenolic compounds, DPPH, CUPRAC

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Enunciado del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Conceptos básicos	5
3.1.1. Fruto Melón	5
3.1.2. Variedades principales del melón	6
3.1.3. Clasificación Taxonómica	7
3.1.4. Producción del melón	7
3.1.5. Composición química del melón	8
3.1.6. Propiedades y usos.....	8
3.1.7. Radicales Libres.....	9
3.1.8. Fuentes endógenas de Radicales Libres.....	10
3.1.9. Fuentes exógenas de Radicales Libres.....	12
3.1.10. Estrés Oxidativo.....	12
3.1.11. Antioxidantes	13
3.1.12. Compuestos fenólicos	19
3.1.13. Clasificación de los compuestos fenólicos	21
3.1.14. Método de Folin - Ciocalteu	23

3.1.15. Determinación de Actividad antioxidante.....	24
3.1.16. Espectrofotometría	26
3.2. Revisión de antecedentes investigativos	27
4. HIPOTESIS	30
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	31
1. INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN	32
1.1. Materiales	32
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	33
2.1. Lugar de estudio	33
2.2. Población y muestra	33
2.2.1. Población	33
2.2.2. Muestra	34
3. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES	34
3.1. Obtención de extractos por técnica de ultrasonido.....	34
3.2. Determinación de polifenoles totales por método Folin–Ciocalteu	34
3.2.1. Preparación de soluciones.....	34
3.2.2. Preparación de la curva de calibración	34
3.2.3. Preparación de muestras metanólicas	35
3.3. Determinación de capacidad antioxidante por método de CUPRAC	35
3.3.1. Preparación de soluciones.....	35
3.3.2. Preparación de curva de calibración	36
3.3.3. Preparación de soluciones metanólicas.....	37
3.4. Determinación de capacidad antioxidante por método de DPPH	37
3.4.1. Preparación de soluciones.....	37
3.4.2. Preparación curva de calibración	37
3.4.3. Preparación de muestras metanólicas	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
1. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.....	40
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS.....	40
3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	46
3.1. Capacidad antioxidante método CUPRAC.....	46
3.2. Capacidad antioxidante por método DPPH	50
4. RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS CON LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	56

5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	57
5.1. Relación de los compuestos fenólicos totales en la capacidad antioxidante	57
5.2. Comparación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las dos variedades de melón (<i>Cucumis melo L.</i>)	59
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	73



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del melón.....	7
Tabla 2. Función Fisiológica de los antioxidantes no enzimáticos endógenos.....	15
Tabla 3. Función Fisiológica y fuentes de antioxidantes no enzimáticos exógenos.....	16
Tabla 4. Preparación de la curva de calibración por método Folin–Ciocalteu	35
Tabla 5. Preparación de curva de calibración por método CUPRAC.....	36
Tabla 6. Estándar de solución del extracto metanólico DPPH	38
Tabla 7. Absorbancias por método Folin–Ciocalteu.....	41
Tabla 8. Absorbancias de los extractos metanólicos.....	42
Tabla 9. CFT en los extractos de semillas de melón.....	44
Tabla 10. Absorbancias de las soluciones estándar método CUPRAC	47
Tabla 11. Capacidad antioxidante en los extractos metanólicos.....	48
Tabla 12. Capacidad antioxidante en los extractos de semillas de melón-CUPRAC.....	49
Tabla 13. Absorbancias de las soluciones estandar de trolox – metodo DPPH.....	51
Tabla 14. %inhibición para la curva de calibración.....	52
Tabla 15. Absorbancias y concentraciones de los extractos metanólicos.....	53
Tabla 16. Capacidad antioxidante de los extractos – método DPPH.....	53
Tabla 17. Capacidad antioxidante total (CAT) por método DPPH	54
Tabla 18. Análisis de varianza lineal para CFT y DPPH en semillas Honeydew.....	58
Tabla 19. Análisis de varianza lineal para CFT y CUPRAC en semillas Honeydew.....	58
Tabla 20. Análisis de varianza lineal para CFT y CUPRAC en semillas Cantalupo.....	59
Tabla 21. Análisis de varianza lineal para DPPH y CFT Cantalupo	59
Tabla 22. Prueba t – student para CFT entre las dos variedades de semillas de melón .	60
Tabla 23. Prueba t – student para CUPRAC entre las dos variedades de melón.....	60
Tabla 24. Prueba t – student para DPPH entre las dos variedades de melón.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación de ROS a partir de la reducción de oxígeno.....	11
Figura 2. Clasificación de Antioxidantes	13
Figura 3. Estructura Química del 2-t-butil-4-metoxifenol	17
Figura 4. Estructura Química del 2,6 di-t-butil-4-metilfenol.....	17
Figura 5. Estructuras Químicas de los ésteres de ácido gálico	18
Figura 6. Estructuras Químicas de Etoxiquina y Diludina	18
Figura 7. Estructuras Químicas de Ascorbil Acetato, Ascorbil Palmitato y Ascorbil Estearato	19
Figura 8. Clasificación de compuestos fenólicos.....	23
Figura 9. Principio químico del método de Folin-Ciocalteu.....	24
Figura 10. Principio químico del método de CUPRAC.....	25
Figura 11. Principio químico del método DPPH	25
Figura 12. Semillas de melón Honeydew y Cantalupo.....	40
Figura 13. Soluciones estándar de ácido gálico (GA).....	41
Figura 14. Curva de calibración método Folin – Ciocalteu	42
Figura 15. Contenido promedio de CFT en los extractos	45
Figura 16. Soluciones estándar de Ácido Ascórbico	46
Figura 17. Curva de calibración método CUPRAC.....	47
Figura 18. Capacidad antioxidante de los extractos por método CUPRAC	50
Figura 19. Soluciones estándar de Trolox.....	51
Figura 20. Curva de calibración método DPPH.....	52
Figura 21. Actividad antioxidante por método DPPH	54
Figura 22. Curva de regresión lineal entre la CFT y la capacidad antioxidante CUPRAC.....	56
Figura 23. Curva de regresión lineal entre el CFT y la capacidad antioxidante DPPH.....	57

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el sector agrícola genera una gran cantidad de residuos que tienen efectos negativos en el medio ambiente. Desde la cosecha, las pérdidas continúan a lo largo de toda la cadena, lo que resulta en que globalmente entre el 30% y el 40% de la producción mundial de alimentos se convierta en residuos (1). La FAO también señala que los desperdicios de frutas y verduras contribuyen con el 60% de estos residuos.

Los subproductos contienen una alta concentración de compuestos bioactivos (BA), lo que sugiere que, incluso después de extraer el jugo, aún quedan un gran número de estos compuestos. Estos compuestos poseen una amplia gama de efectos beneficiosos, como antioxidantes, antimicrobianos, antiinflamatorios, antialérgicos, antiaterogénicos, cardioprotectores y vasodilatadores. Los extractos de estos subproductos o compuestos aislados pueden ser utilizados como ingredientes en alimentos funcionales o como nutracéuticos en productos medicinales o farmacéuticos (2).

El principal desafío en la utilización de estos residuos radica en su naturaleza heterogénea y perecedera, siendo ideal encontrar un equilibrio entre el manejo convencional actual y la implementación de tecnologías emergentes. En este sentido, la extracción de compuestos bioactivos, producción de enzimas y exopolisacáridos, síntesis de bioplásticos, biopolímeros y producción de biocombustibles parecen ser las opciones más favorables (2). Ben-Othman et al., sugieren que el uso de nuevas técnicas espectroscópicas y solventes eutécticos para la extracción de polifenoles de los residuos de la industria del jugo podría representar avances significativos (3).

En relación a lo anterior, la presente investigación propone la evaluación del contenido de compuestos fenólicos y su relación con la capacidad antioxidante a partir del extracto de semillas de *Cucumis melo* L. (melón) de dos variedades. Para ello, el trabajo se estructuró en tres capítulos principales: el capítulo I donde se aborda el planteamiento teórico, contenido por el planteamiento del problema, objetivo, marco teórico y la hipótesis de la investigación. El capítulo II donde se describe el planteamiento operacional, comprendido por los materiales, ámbito de estudio y procedimientos experimentales de la investigación y, un capítulo III donde se presentan los resultados y discusión del estudio. Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Hoy en día, la población general busca alimentos de preparación rápida sin considerar la calidad de alimentación. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los índices de enfermedades crónico degenerativas han aumentado alarmantemente en la mayoría de países, debido a la escasa cultura de alimentación sana. Dichas enfermedades están asociadas a la falta de antioxidantes en la dieta, lo que puede causar desórdenes metabólicos graves como diabetes, hipertensión, cataratas y cáncer. En un mundo donde los alimentos procesados son cada vez más comunes, es difícil saber qué se consume exactamente. Por lo tanto, es importante descubrir productos más saludables que mantengan o incluso mejoren las propiedades nutricionales de los alimentos habituales.

(4)

En este contexto, los antioxidantes tienen un papel importante en la salud humana puesto que son sustancias que trabajan en el interior del organismo portando la capacidad para oponerse a la acción del oxígeno y de ciertas especies oxidantes, entre ellos encontramos a los llamados rastrillos de radicales (radical scavengers) quienes tienen una labor importante y son definidas como especies químicas del cual su actividad antioxidante radica en su capacidad para romper y eliminar directamente los radicales libres, siendo los principales; los polifenoles, la vitamina C (ácido ascórbico), el glutatión, la vitamina E (alfa tocoferol), etc. Dichas especies químicas se encuentran en alimentos del reino plantae.

1.2. Enunciado del problema

En referencia a esta problemática y, teniendo en cuenta que a lo largo de los años se investigan nuevas terapias o dietas enriquecidas con antioxidantes, que pretenden prevenir o descender el daño funcional orgánico proveniente de un exceso de estrés oxidativo, las semillas de *Cucumis melo L.*, son una fuente importante de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, sin embargo, la información sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante es limitada. La extracción y análisis de determinación de estos compuestos son cruciales para su aprovechamiento en la industria alimentaria y farmacéutica.

En función de lo anterior, se plantea el siguiente problema: ¿Podría existir una relación significativa entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en las semillas de melón?

1.3. Justificación

Justificación científica

La familia Cucurbitáceas conforma un importante grupo de plantas, mayormente tropicales, muchos de los frutos son ampliamente usadas en la alimentación ya que existen numerosas investigaciones de la fotoquímica, su potencial nutraceutico y los beneficios para la salud humana. El fruto melón (*Cucumis melo* L.) es rica en antioxidantes, que ayudan a prevenir enfermedades crónicas y a mantener una juventud prolongada. Es rica en vitamina C, vitamina E y en minerales como potasio, fósforo, magnesio, calcio y hierro, entre otros, en cuanto a su fotoquímica, contiene polifenoles, ácidos orgánicos, lignanos y otros compuestos polares que proporcionan a la salud potenciales beneficios (5). La investigación sobre compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en semillas de melón es crucial para entender su potencial beneficio para la salud humana como la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo. En el mundo, existen estudios acerca de las propiedades beneficiosas del mesocarpio y epicarpio de melón, sin embargo, las semillas de este, cuentan con escasas investigaciones.

Justificación social

Las semillas de melón son consideradas como desechos orgánicos que mayormente la sociedad no consume, la investigación acerca del contenido de compuestos fenólicos (CFT) y la capacidad antioxidante (CAT) en las semillas de malón puede instruir y concientizar a la población sobre la importancia de la alimentación saludable y sostenible. El consumo de dichas semillas puede contribuir a su seguridad alimentaria, nutricional y a la mejora de su calidad de vida de la población en general y las comunidades rurales que se ven afectados por diversas patologías y/o problemas de salud probablemente por escasos recursos. Es por eso que, este trabajo de investigación pretende aportar el estudio de la capacidad antioxidante a partir de un desecho orgánico; semillas de *Cucumis melo* L., la cual puede presentar un impacto positivo en la salud y la economía de la población.

Justificación práctica

El presente trabajo puede contribuir con el desarrollo de productos sostenibles e innovadores y colocar a las semillas como un producto funcional y en perteneciente al grupo de rastrillos de radicales, el cual aportará beneficios a la salud, fortaleciendo el sistema inmunológico y disminuyendo o eliminando la producción de radicales libres en el organismo. Además, puede ser aplicado en la industria alimentaria y farmacéutica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el contenido de compuestos fenólicos y su relación con la capacidad antioxidante en los extractos de dos variedades de semillas de melón (*Cucumis melo L.*).

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1 Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales presentes en los extractos de semillas de melón mediante el método de Folin-Ciocalteu.
- 2.2.2. Determinar la capacidad antioxidante de la muestra por los métodos de CUPRAC y DPPH.
- 2.2.3. Evaluar la relación entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de los extractos de las semillas de melón (*Cucumis melo L.*).
- 2.2.4. Comparar el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante entre los extractos de las dos variedades de semillas de melón (*Cucumis melo L.*).

3. MARCO TEÓRICO

3.2. Conceptos básicos

3.2.2. Fruto Melón

El Melón, conocido con su nombre científico como *Cucumis melo L.*, es una especie dicotiledónea, herbácea y anual perteneciente a la familia Cucurbitácea y es cosechado y consumido ampliamente por todo el mundo. Se cultiva en regiones secas y en estación cálida donde necesariamente para su crecimiento óptimo, debe llegar a temperaturas de 20 a 24°C y un pH de 5,8 a 6,6 del suelo. La relación entre la

temperatura y la duración de la luminosidad, impacta tanto en el desarrollo de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y el ritmo de absorción de los nutrientes (6).

El crecimiento de los tejidos del ovario de la flor, se encuentra estrechamente relacionado con la temperatura y las horas de iluminación, de manera que, los días largos y temperaturas elevadas, favorecen el desarrollo de flores masculinas, de lo contrario, los días cortos y temperaturas bajas, promueve la formación de flores con ovarios (6).

El *Cucumis melo L.* está posicionada entre las variedades más polimórficas de dicha familia, teniendo diversidad genética dentro de esta especie. Las investigaciones han determinado la clasificación del melón en 19 variedades según sus propiedades fenotípicas, de las cuales, las más cultivadas y consumidas en el mundo son; melón Amarillo, Cantalupo, Charentais, Harper, Honeydew, Koreana y Piel de sapo (6).

3.2.3. Variedades principales del melón

Melón Cantalupo

Es el tipo de melón más producido. Las semillas del melón Cantalupo deben ser sembradas al comenzar la primavera o en temporada lluviosa. El clima debe ser cálido, pleno sol y seco, preferentemente las raíces en humedad. La planta del melón Cantalupo es rastrera y produce un gran número de flores que crecen en los nudos o axilas de las hojas y suelen desprenderse naturalmente. El fruto, al momento de su desprendimiento, forma una zona de abscisión en el tallo. Producen escancias características perfumadas en cuanto vaya madurando y alcanza un peso aproximado de 2 kilos. El fruto tiene forma esférica, con un diámetro de 10 a 15 cm y constituida de una corteza reticulada, escamosa y áspera de color café amarillento y la pulpa gruesa, dulce de color anaranjado claro, con sabor y aroma agradable, y con la cavidad de las semillas de tamaño uniforme (7,8).

Melón Honeydew

También conocido como melón Tuna. Las semillas deben ser plantadas en invierno en el que los suelos alcancen 65°F o cuando el riesgo de heladas haya finalizado. La planta es herbácea y anual, cuyos tallos son rastreros o también trepadores en el caso se brinde un tutorado. El fruto no presenta la formación de zonas de abscisión, solo en

el caso que la fruta se encuentre muy madura. Su peso fluctúa entre 2 a 4 Kilos. Posee forma redonda o en casos ligeramente ovalada, su corteza está constituida por una superficie lisa con vellosidades que van desapareciendo a medida del tiempo de maduración, además no tiene suturas perceptibles y sin redequilla y su color característico es verde claro o blanco verdoso. La pulpa es jugosa, dulce y tierna, mayormente de color verde oscuro, se caracteriza por ser inodora al madurar (7,9).

3.2.4. Clasificación Taxonómica

La Base de Datos de Galápagos, comparte la información de especies de la historia Natural. En la Tabla 1 se especifica la clasificación taxonómica de Melón.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del melón

Clasificación	Descripción
Dominio:	Eucariota
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Violales
Familia:	Cucurbitaceae
Genero:	Cucumis
Especie:	Melo

Tomado de Fundación Charles Darwin 2024 (10).

3.2.5. Producción del melón

Según los datos del último estudio del FAOSTAT, quien es el Organismo de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021) indica que se alcanzó un récord de la producción mundial de melón, siendo China el potencial productor con 14 millones de kilos. Seguida de Turquía con 1.6 millones de kilos y ocupando el tercer lugar India con 1.5 millones de kilos (43).

En el Perú se establecen alrededor de 1.200 hectáreas de melón, en las cuales se genera un rendimiento promedio de 16 toneladas por cada hectárea, no obstante, existen áreas que producen hasta 50 toneladas por hectárea. Las principales regiones productoras de *Cucumis melo* L. es Lima, La Libertad, Ica, Arequipa, Lambayeque y Piura. Siendo el melón Honeydew y melón Cantalupo las variedades más cultivadas (1).

3.2.6. Composición química del melón

Estudio Químico de la Pulpa de *Cucumis melo L*

- **Carotenoides:** El β -criptoxantina, β -caroteno y α -caroteno son las únicas moléculas de carotenoides que tienen actividades de provitamina A (11).
- **Agua y sales:** Contiene el 92% de agua, así como también elevadas cantidades de potasio, que a su vez presenta magnesio y calcio en menor proporción.
- **Compuestos fenólicos:** El ácido benzoico y otros ácidos como p-cumárico, gálico, siríngico, p-hidroxibenzoico, y componentes como la quercetina, epicatequina, y rutina encontradas en pocas cantidades.
- **Aminoácidos:** glutamina, tirosina, fenilalanina y triptófano (12).

Estudio químico de las semillas de *Cucumis melo L*.

- **Fibra:** Contiene gran cantidad de fibra, por lo que mejora el tránsito intestinal. Por tal motivo es beneficioso para prevenir el estreñimiento o cualquier problema en el tránsito intestinal.
- **Vitaminas:** Poseen gran cantidad de vitamina A, B6, B12 y E, las cuales son primordiales para el buen funcionamiento del organismo.
- **Minerales:** Potasio, hierro, calcio, sodio, magnesio, fosforo los cuales favorece al fortalecimiento del sistema inmunitario.
- **Proteínas:** Las semillas de melón contiene 27% de proteínas, lo que permitiría mejorar la alimentación. Los aminoácidos son componentes básicos de diversas proteínas y se encuentran; la isoleucina, leucina, lisina, metionina y fenilalanina
- **Ácidos Grasos:** Contiene un alto porcentaje de ácido linoleico 35.38%, ácido oleico y ácido palmítico (13).

3.2.7. Propiedades y usos

El melón se caracteriza por estar compuesta de tres partes fundamentales que son la pulpa, cascara o corteza y semilla, siendo la pulpa la parte comestible y que ofrece una fuente de nutrición benéfica para la salud humana, por lo contrario, la cascara y las semillas no son consumidas ya que son desechos. Sin embargo, posee una fuente importante de nutrición, ya que contienen compuestos beneficiosos que pueden presentar un uso como subproducto en lugar de ser desechados (14). Últimamente, estos residuos están siendo investigados progresivamente por su contenido de

fitonutrientes y su impacto beneficioso para la salud, que comúnmente la mayoría de la población desconoce.

Las semillas de *Cucumis melo L.* debido a su contenido en fibra, es beneficioso para la salud digestiva. Es considerado como buena fuente de antioxidantes ya que contiene vitaminas A, E y C. Previene también la degeneración macular en los ojos. Además, contiene ácidos grasos capaces de regular los niveles de colesterol en la sangre, interviene en la estructura de las membranas celulares y generación de hormonas, fortalece el sistema inmunológico y mejora el funcionamiento neuronal y puede combatir infecciones como la gripe. Las semillas de melón (*Cucumis melo L.*) comparten un papel resaltante en el sostenimiento de la densidad ósea y el descenso de riesgo de la patología diabetes tipo II. También puede evitar y controlar el insomnio, la depresión y la migraña (15).

La pulpa de dicho fruto, está compuesta principalmente por agua, la cual ayuda a una correcta hidratación y a la pérdida de peso por su escaso aporte calórico, así mismo, posee una ligera acción laxante y acción diurética, y esto es benéfico para la eliminación de los desechos del organismo. Mejora el tránsito intestinal y la función digestiva. Es recomendable el consumo durante el embarazo por su alto contenido de magnesio, calcio, folatos y vitaminas como la A y C quienes contribuyen al desarrollo del feto. Así mismo, desempeña un papel importante en la fotoprotección y en la mejora de la función de respuesta inmune previniendo enfermedades crónicas (16).

La Corteza de *Cucumis melo L.* mayormente tiene uso externo a la salud como la acción de la capa interna de la cascara como exfoliante natural, se puede frotar sobre la piel húmeda para eliminar células muertas. Por otro lado, tiene funciones en las plantas como abono y mejora la absorción de los nutrientes en las hortalizas, verduras o plantas (16).

3.2.8. Radicales Libres

Los radicales libres (RL) también son conocidos como Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), que como su nombre lo indica son moléculas de oxígeno muy reactivas que en su estructura atómica presenta un electrón impar o desapareado en el orbital externo, esto lo hace muy inestable, altamente reactivo y de vida efímera con gran capacidad de combinarse inespecíficamente ya que exploran el cuerpo en busca de otro electrón

para formar un par estable como en los lípidos, carbohidratos, proteínas, membranas celulares, ácidos nucleicos, y sus derivados (17).

El organismo está expuesto principalmente a especies reactivas del oxígeno (ROS) en las cuales se encuentra derivados radicales como Anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$) que se genera a partir de la oxidación no enzimática de biomoléculas, Hidroxilo ($OH^{\cdot}$) quien es un RL inorgánico, Alcóxido ($RO^{\cdot}$), Peróxido ($ROO^{\cdot}$) se forma al estar unido un átomo de oxígeno con otro, y derivados no radicales como, Ozono (O_3), Ácido hipocloroso ($HClO$), Peróxido de hidrogeno (H_2O_2), Oxígeno singlete. Además, existe especies RNS (Reactivas del Nitrógeno), derivados radicales como, Óxido Nítrico ($NO^{\cdot}$) quien se oxida al reaccionar con O_2 para formar dióxido de nitrógeno ($NO_2^{\cdot}$) y no radicales como Peroxinitrito ($ONOO^{\cdot}$) quien es capaz de reformar biomoléculas, Cation nitrosilo (NO^+) es un ion diatómico, Anión nitroxilo ($NO^{\cdot}$) producto de la reducción de $NO^{\cdot}$, Acido nitroso (HNO_2) oxidante fuerte, Peroxinitritos alquilo. Estos se pueden generarse a partir de fuentes exógenas, de fuentes endógenas, como respuesta de defensa del sistema inmunitario. De forma análoga encontramos también, especies Reactivas del Nitrógeno (RNS), del bromo ($RBrS$) y del cloro ($RCIS$) (18).

3.2.9. Fuentes endógenas de Radicales Libres

- **Mitocondria:** Siendo el organelo de importancia dentro de la mayor producción de ATP, es considerado como la principal fuente de radicales libres, puesto que, en ella se realiza el metabolismo oxidativo el cual consume del 95 al 98% del origen a la reducción del oxígeno. Los 2% - 5% restantes reciben un electrón, la cual irán formando en cada etapa diversos componentes tóxicos, hasta formar H_2O como se muestra en la figura 1. Alteraciones en el interior de la cadena de transporte de electrones, puede incrementar la producción de Radicales Libres (RL) en el organismo. Diferentes investigadores, como Nicholls y Ferguson (2001), mencionan que, en la membrana interna de la mitocondria, el radical $O_2^{\cdot-}$ se forma dentro de los complejos I y III de la cadena respiratoria. Dentro de este proceso de transferencia de electrones, la coenzima Q es oxidada generando la ubisemiquinona, la cual es un radical intermediario que al entrar en relación con el oxígeno (O_2), se origina radicales superóxidos (19).

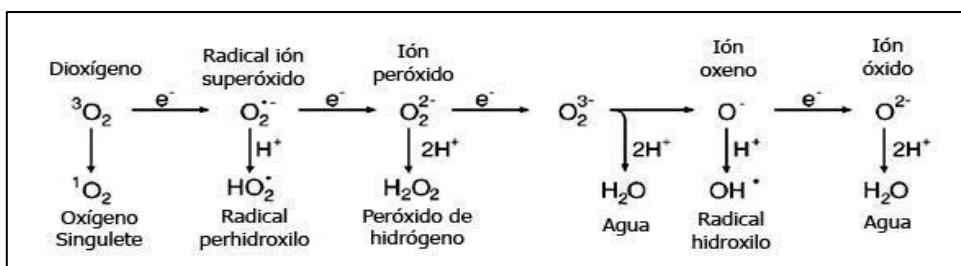


Figura 1. Generación de ROS a partir de la reducción de oxígeno

Klaus A. et al. (2008) (20)

Por otro lado, existen estudios que dicho organelo puede producir otras especies reactivas con significado biológico que se van a formar como consecuencia de una reacción en cascada, en ella se origina óxido nítrico ($\text{NO}\cdot$), a través de la participación de la enzima (NOS) óxido nítrico sintasa, calcio dependiente, localizada en la membrana mitocondrial (19).

- **Peroxisomas:** Son orgánulos que poseen varias enzimas y son responsables de la degradación de ácidos grasos. Actúan en la metabolización del ácido glioxílico, aminoácidos y bases purínicas. Estos organelos producen H_2O_2 que es degradado por la enzima catalasa (quien se encuentra en altas concentraciones) y bajo ciertas circunstancias, aquellos peróxidos que escapan de la degradación, es decir, no sean dismutados por el sistema peroxisomal, se liberará en otros compartimentos celulares y provocará inevitablemente daño celular (19).
- **Citrocromo P-450:** Presente en el retículo endoplasmático y son los principales responsables del metabolismo, es el sitio donde se produce importantes cantidades de RL ya que hay presencia de oxígeno, iones metálicos de transición y en el que se produce transferencia de e^- .
- **Células Fagocíticas:** En la fagocitosis se genera Especies reactivas del oxígeno benéficas, ya que son la principal línea de defensa contra los patógenos. Dichas especies se activan por la existencia de patógenos extraños como parásitos, virus o bacterias, o por la presencia de mediadores proinflamatorios originando una “explosión” oxidativa y en consecuencia se genera diversas cantidades de radicales libres; H_2O_2 , $\text{O}_2\cdot^-$, $\text{OH}\cdot$, $\text{NO}\cdot$. y tienen la finalidad de combatir contra las células infectadas. En las membranas de las células fagocíticas, se encuentra la enzima NADPH oxidasa, quien es reducido por la enzima superóxido dismutasa

(SOD) y así genera H_2O_2 o produce oxígeno y se transforma en OH. en presencia de hierro Esta situación se da sobre todo en los procesos inflamatorios (19,21)

- **Xantina Deshidrogenasa:** Se ubica predominantemente en los endotelios y se encarga de la depuración de las xantinas, sin embargo, al mezclar la función de dicha enzima junto a la xantina oxidasa se producirá oxígeno y peróxido de hidrogeno ($O_2^- + H_2O_2$) (19).

3.2.10. Fuentes exógenas de Radicales Libres

Los radicales libres también son originados por alteraciones ambientales u otros factores como:

- Radiaciones ionizantes, luz UV y rayos X, rayos gamma.
- Contaminantes Atmosféricos: monóxido de carbono, ozono, óxido nitroso, dióxido de azufre.
- Incineración de compuestos orgánicos que genera humo: contaminación ambiental.
- Estrés emocional, trastornos alimenticios, contaminación del aire, en el agua, también pueden incrementar los RL
- Xenobióticos: fungicidas, pesticidas, fármacos y herbicidas (22).

3.2.11. Estrés Oxidativo

Normalmente la producción endógena de ROS en los límites permitidos, es esencial para el activación y regulación metabólica, la activación o inactivación de biomoléculas, el control del tono muscular, entre otros. Sin embargo, cuando se desequilibra el balance entre los pro oxidantes y antioxidantes (homeostasis óxido-reducción intracelular), es decir, la producción de altos niveles de ROS o por el contrario la deficiencia de los sistemas antioxidantes, se origina el llamado estrés oxidativo.

Este exceso de ROS, genera una serie de reacciones sobre los compuestos químicos que se encuentran en las células (proteínas, ADN y lípidos), dando origen a desordenes fisiológicos, elevada proliferación celular, apoptosis, senescencia y/o necrosis (23).

Es por ello que, el estrés oxidativo se encuentra relacionado con procesos cancerígenos, hipertensión, diabetes, enfermedades degenerativas, entre otras. Sin

embargo, actualmente se conoce que, en los seres vivos, las ROS endógenas están igualmente involucradas en importantes cascadas de señalizaciones que son imprescindibles para la homeostasis, trabajando como barreras de defensa contra patógenos en fagocitos, como regulador de diversas vías metabólicas, en medio de procesos inflamatorios y en la respuesta a ciertas hormonas y factores de crecimiento relacionados en la señalización dependiente del estado de óxido-reducción del sistema (24).

3.2.12. Antioxidantes

El sistema antioxidante no tiene la capacidad de eliminar a las especies pro-oxidantes, pero sí de regularlas. Dicho en otras palabras, son sustancias que tienen la labor de oponerse a ciertas especies oxidantes, y a la acción del oxígeno. La clasificación de antioxidantes que se desarrolló, se detalla en la Figura 2.

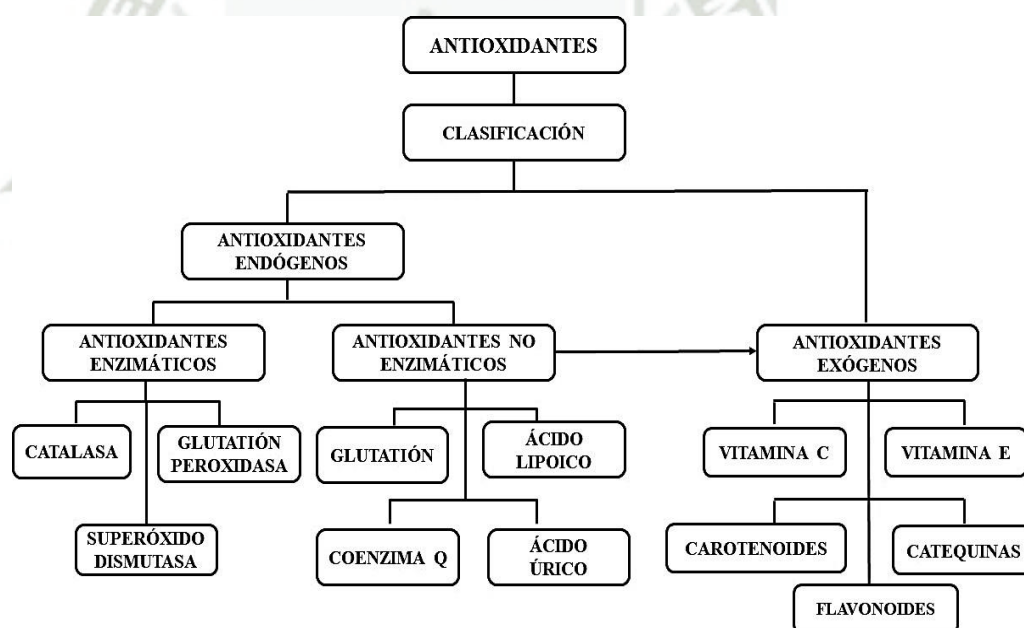


Figura 2. Clasificación de Antioxidantes

Elaboración propia.

Antioxidantes Endógenos

Antioxidantes Enzimáticos. Los procesos redox celulares son generados por los sistemas enzimáticos antioxidantes quienes metabolizan los radicales libres y se encuentran:

- a. **Catalasa (CAT).** Forma parte del sistema antioxidante, siendo sus funciones más importantes; catalítica y peroxidativa, ésta actúa en presencia de elevadas concentraciones de H_2O_2 transformándolo a O_2 y agua. Se encuentra ampliamente distribuido en el organismo humano, concentraciones elevadas en hígado y riñón, de lo contrario, concentraciones bajas en epitelios y tejido conectivo y concentraciones prácticamente nulas en tejido nervioso. Dicha enzima se localiza a nivel celular en peroxisomas, citosol y mitocondria (25,26)
- b. **Superóxido dismutasa (SOD).** Su principal acción es catalizar la dismutación del $O_2^{\cdot -}$ (anión superóxido) a H_2O_2 , el cual puede llegar a ser degradado también por la catalasa o el glutatión peroxidasa. Se distribuye ampliamente en el organismo, y se encuentra diferenciado en cuatro isoformas (26).
 - **SOD1 o SODCuZn.** Está conformado por homodímero de Cobre y Zinc, situado en el espacio citoplasmático intracelular (27).
 - **SOD2 o SODMn.** En su sitio activo contiene manganeso y se sitúa en la matriz mitocondrial (27).
 - **SODFe.** Está compuesta por Hierro y se halla en las algas, en el espacio periplasmático de bacterias como la *Escherichia coli* y vegetales (28).
 - **SOD3 o ECSOD.** Es la última isoforma recientemente caracterizada, quien guía el proceso al espacio extracelular por medio de un péptido específico. Es un tetrámero que está constituido por zinc y cobre. No obstante, hasta el momento no está bien definido su papel en la fisiología (29).
- c. **Glutatión peroxidasa (GPx).** Es una selenoproteína que al estar en presencia de un agente reductor quien es el glutatión reducido (GSH) cataliza la reducción de H_2O_2 en agua y otros hidroperóxidos en alcohol. Se localiza en lisosomas (células del sistema inmune) y en el citosol (eritrocitos). Dicha enzima posee 3 isoformas de GPx.

- **Forma celular (GPx-C) o Clásica.** Se encuentra en todas las células y tiene la afinidad de reducir el H_2O_2 en agua e hidroperóxidos orgánicos libres en alcohol.
- **Forma extracelular (GPx-P) o plasmática.** Se sintetiza en las células proximales del riñón. Tiene afinidad para ambos sustratos; peróxido de hidrogeno e hidroperóxidos.
- **Fosfolípido hidroperóxido (GPx-PH).** Su acción principal es la protección contra la lipoperoxidación por medio de la reducción de ácidos grasos en las membranas celulares. Además, evita la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (19).

Antioxidantes No Enzimáticos. El sistema de antioxidantes no enzimáticos, abarca un grupo de moléculas hidrofílicas como hidrofóbicas que son capaces de capturar a los RL, mediante la adición de un electrón, con la finalidad de crear moléculas menos letales para la célula.

Dicho grupo se subdivide en antioxidantes endógenos, en el cual se va a encontrar: el ácido lipoico, glutatión, ácido úrico, coenzima Q, entre otros. Y, por otro lado, los antioxidantes exógenos quien integra la vitamina C, Vitamina E, Carotenoides, Catequinas, flavonoides/isoflavonoides, entre otros. La función fisiológica de dichos antioxidantes no enzimáticos se muestra descritos en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Función Fisiológica de los antioxidantes no enzimáticos endógenos

Antioxidantes endógenos	Función fisiológica
Ácido lipoico	Considerado antioxidante eficaz y sustituto del glutatión
Glutatión	Posee grandes efectos como defensa antioxidante.
Ácido úrico	Tiene capacidad antioxidante a nivel cerebral.
Coenzima Q	Efectos de gran utilidad como antioxidantes

Tomado de Guija Henry et al. (2023) (30)

Tabla 3. Función Fisiológica y fuentes de antioxidantes no enzimáticos exógenos
Antioxidantes empleados en la alimentación

Antioxidantes exógenos	Mecanismo de acción	Fuentes
Vitamina C	Potente eliminador de radicales y trabaja junto con la vit. E para evitar la oxidación lipídica y el daño oxidativo sobre el ADN.	Frutas y vegetales, cítricos, bayas, pimiento verde.
Vitamina E	Capta los RL encontrados en la membrana y evita la lipoperoxidación. Tanto las vit.C y E se encuentran relacionadas, ya que la vit.C actúa regenerando los radicales oxidados de la vit.E.	Frutas y vegetales, cereales, granos, aceites vegetales, nueces
Carotenoides	Antioxidante de lípidos. Capta los las moléculas de oxígeno y radicales libres.	Zanahorias, batatas, vegetales de hojas oscuras, tomates, cítricos
Catequina	Previene el envejecimiento de tejidos y envejecimiento prematuro de las células.	Algunas semillas, bayas y té verde.
Flavonoides/isoflavonoides	Capacidad de inactivar radicales libres y/o quelar metales peroxidantes.	Semillas oleaginosas, frutas y verduras, tomates, bayas, pimientos, cebolla.

Antonio Torrez (2004) (31), Montse Vilaplana (2020) (32)

Para la conservación de los alimentos en industria alimentaria, se emplean antioxidantes de dos tipos: antioxidantes naturales y sintéticos.

Antioxidantes sintéticos. Estos antioxidantes están sujetos a normas estrictas de seguridad y reglamentaciones. Los antioxidantes sintéticos más relevantes empleados en la alimentación son el BHT (E 321), BHA (E 320), octilo (E311), galato de propilo (E310), dodecilo (E 312), algunos heterocíclicos nitrogenados y ésteres del ácido ascórbico con ácidos grasos. También incluye sales y ácidos inorgánicos como son el ácido ortofosfórico (E-338) y ortofosfato de potasio (E-340), sodio (E-339) o calcio (E-341) (33).

- a. **2-t-butil-4-metoxifenol, BHA (E 320):** Se muestra la estructura química en la Figura 3. Es un antioxidante hidrofóbico muy estable térmicamente. Generalmente se combina con otros antioxidantes como el BHT (E 321) ya que al juntarse potencia su efecto. Existen investigaciones sobre su capacidad de emitir los efectos carcinógenos, potenciando o inhibiendo su acción en animales de experimentación. Esto puede estar relacionado en la salud humana con la actividad sobre ciertas enzimas hepáticas que se encargan de la expulsión de sustancias no deseadas al organismo como los xenobióticos y que activan o destrozan a ciertos carcinógenos (33).

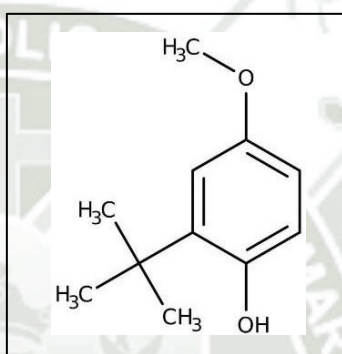


Figura 3. Estructura Química del 2-t-butil-4-metoxifenol

- b. **2,6 di-t-butil-4-metilfenol, BHT (E 321):** Se muestra la estructura química en la Figura 4. Dicha sustancia no es mutagénica, pero al igual que el BHA, tiene la capacidad de transformar la acción algunos carcinógenos. Además, según investigaciones puede interferir en el metabolismo de la vitamina K puesto que, se comprobó que produce lesiones hemorrágicas en animales de experimentación que son sensibles a la deficiencia de dicha vitamina (33).

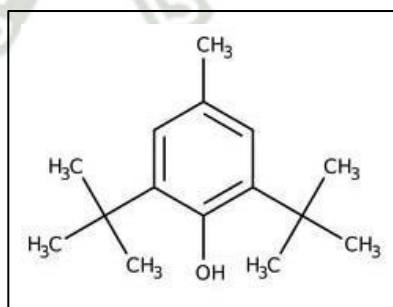


Figura 4. Estructura Química del 2,6 di-t-butil-4-metilfenol

- c. **Galatos:** Son llamados ésteres de ácido gálico con residuos de propilo (E 310), dodecilo (E 312) y octilo (E 311), como se muestra en la Figura 5. No se

encuentran en la naturaleza vegetal y su desventaja es ser termosensibles por lo que son poco útiles para la protección de los alimentos que requieren de calor durante su preparación (33).

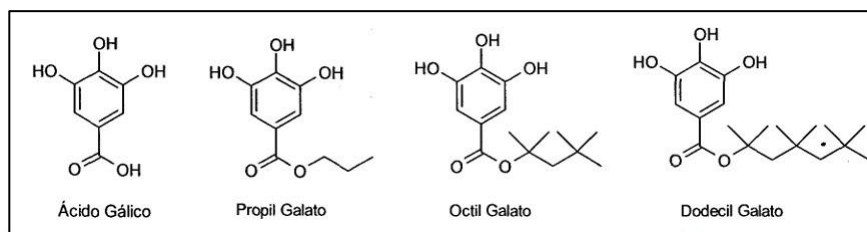


Figura 5. Estructuras Químicas de los ésteres de ácido gálico

d. Compuestos heterocíclicos: Sólo algunos compuestos heterocíclicos son empleados en la alimentación como por ejemplo la diludina o la etoxiquina, las estructuras químicas se muestran en la figura 6. Estos sirven para estabilizar grasas y carotenos como también es empleado para algunas preparaciones farmacéuticas (33).

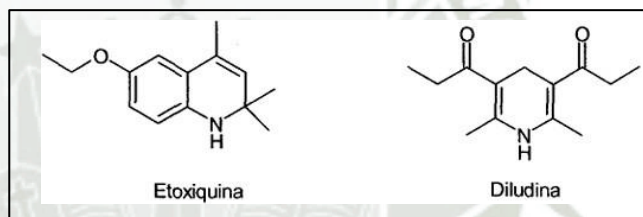


Figura 6. Estructuras Químicas de Etoxiquina y Diludina

e. Derivados de ácido ascórbico: Se caracteriza por estar presente en varias fuentes naturales de la alimentación, pero también se obtiene el ácido L-ascórbico industrialmente por medio de reacciones químicas y procesos microbiológicos (33).

A partir de este compuesto, se puede preparar el ascorbil acetato (E 304i), el ascorbil palmitato (E 304ii) y el ascorbil estearato (E 304iii) que son empleados por su mayor solubilidad en grasas.

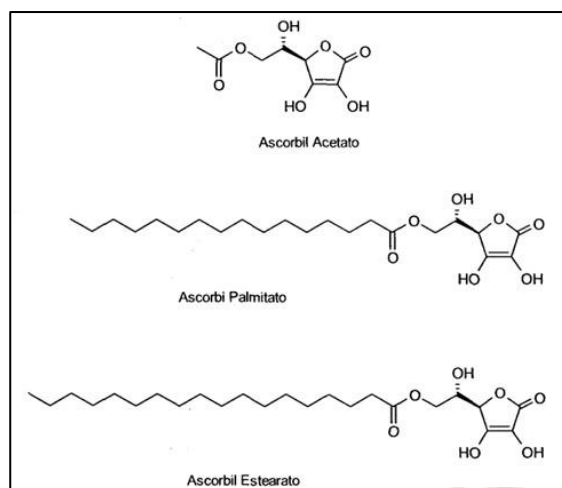


Figura 7. Estructuras Químicas de Ascorbil Acetato, Ascorbil Palmitato y Ascorbil Estearato

Antioxidantes naturales. En la actualidad, los antioxidantes naturales mantienen un fuerte impacto beneficioso en la salud humana que cada día se incrementa en el mundo. Estos provienen de los alimentos como en cereales, semillas, frutas, verduras entre otros (30).

3.2.13. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos, contribuyen a los compuestos más prolíficos de metabólicos secundarios, originados a partir del ácido shikímico y el ácido acetoacético. Dentro de estos compuestos fenólicos se encuentran los flavonoides, unos pigmentos que también se conocen como bioflavonoides debido a que están formados por la combinación de más de 3000 compuestos fenólicos distintos con una estructura química parecida (34).

Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. Principalmente los flavonoides se consideran como la clase de polifenoles más abundante encontrados en los alimentos y representa dos tercios de los fenoles consumidos en la dieta diaria. También, los taninos son fuente antioxidante importante. Debido a que se encuentran presente en una amplia variedad de alimentos de origen vegetal, los seres humanos consumen compuestos fenólicos a diario, con un rango de consumo que va desde los 25 mg hasta 1g por día dependiendo del tipo de dieta que se siga (frutas, vegetales, granos, té, especias) (35).

Las frutas en general, contienen gran capacidad antioxidante debido a la variedad de flavonoides y ácidos fenólicos presentes. Dentro de los subgrupos principales en berries y frutas se encuentran las antocianinas, proantocianidinas, flavonoles y catequinas. Se ha demostrado que las uvas, por ejemplo, inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad humanas (LDL) al igual que el vino. El extracto de frutillas frescas ha mostrado ser cinco veces más efectivo como antioxidante que el trolox en un sistema artificial que genera peroxilo. Por otro lado, los extractos de corintos rojos y negros, blackberries, blueberries, frambuesas rojas y negras tienen una potente capacidad como captadores de radicales superóxidos. Además, los ácidos hidroxinámicos presentes comúnmente en las frutas han demostrado ser efectivos en la inhibición de la oxidación de las LDL in vitro (36).

Los extractos crudos de frutas, semillas, hierbas, verduras, cereales y otros materiales vegetales enriquecidos en fenoles y otros componentes antioxidantes, últimamente son cada vez más apreciados en la industria alimentaria por su capacidad para retardar la degradación oxidativa de los lípidos aumentar el valor nutricional y la mejora de los alimentos. La presencia de antioxidantes en estos materiales vegetales es crucial para la salud y la prevención de enfermedades como la coronaria y el cáncer, lo que ha despertado el interés tanto de los fabricantes como de los consumidores de alimentos. La tendencia actual se centra en la elaboración de alimentos con beneficios específicos para la salud (34).

Biosíntesis de los compuestos fenólicos. Los cloroplastos son los orgánulos celulares de las células eucariotas que permiten a los organismos autótrofos llevar a cabo la fotosíntesis. En este proceso, la luz solar se absorbe para producir energía almacenada en moléculas como ATP y NADPH. Se utiliza dióxido de carbono (CO_2) para obtener gliceraldehído-3-fosfato, un importante intermediario en la glucólisis y gluconeogénesis. Este compuesto puede almacenarse en moléculas de carbohidratos como sacarosa o almidón, las cuales pueden degradarse en caso de necesidad a través de la glucólisis o la ruta de las pentosas-fosfato, obteniendo moléculas más simples que las plantas utilizan para sintetizar sus metabolitos primarios y secundarios. Entre estos, se incluyen los compuestos fenólicos (PC), cuya biosíntesis sigue principalmente dos rutas (37).

- La ruta del ácido shikímico es activada por factores externos como el pH, la temperatura y la naturaleza del suelo en la que se encuentra la planta. Consta de siete pasos, comenzando con la condensación aldólica del ácido fosfoenolpirúvico (PEP) que inicia el metabolismo glucolítico. Esta ruta da origen a una serie de aminoácidos que son precursores de compuestos fenólicos. Estos precursores de moléculas aromáticas son utilizados por bacterias, hongos y plantas, pero no por animales. La ruta conecta los productos del metabolismo primario con los del metabolismo secundario, siendo la fenilalanina uno de los principales productos de esta vía, de la cual se derivan numerosos fenoles.
- La ruta del acetato/malonato es una fuente de fenoles en hongos y algunas plantas, aunque esta última presenta una menor presencia que la ruta del ácido shikímico. Los sustratos principales para esta ruta son el Acetil-CoA y el Malonil-CoA, los cuales se unen y luego experimentan reacciones de Reducción o Ciclación para producir diversos compuestos fenólicos (37).

La diversidad de compuestos fenólicos existentes surge de la combinación de las dos rutas descritas, junto con otras de menor importancia. Las relaciones entre las distintas rutas metabólicas que se producen en las plantas y organismos fúngicos, así como los productos derivados de las mismas. Los cloroplastos de las células vegetales realizan el Ciclo de Calvin para integrar el dióxido de carbono y obtener gliceraldehído-3-fosfato. A partir de la degradación de moléculas de almidón o sacarosa, se acumula gliceraldehído que se convierte en moléculas intermedias más simples, participando en las rutas del ácido shikímico y del acetato/malonato. Estos intermediarios, como el malonil-CoA o los precursores de fenilpropanoles (fenilalanina, ácido cumárico), reaccionan para dar lugar a compuestos fenólicos como taninos, flavonoides y otros fenoles simples.

3.2.14. Clasificación de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son muy diversos en cuanto a su estructura, ya que se han aislado alrededor de 8.000 especies químicamente. Estas van desde simples estructuras moleculares hasta largas cadenas polimerizadas. Debido a la gran cantidad de compuestos fenólicos conocidos y su importancia en campos como la salud, ha surgido la necesidad de clasificarlos según diferentes criterios, dada su heterogeneidad.

- Según su cadena carbonada, la forma más común de clasificar las sustancias fenólicas es dividir las en dieciséis grupos principales. Los compuestos fenólicos más importantes en la dieta humana son los flavonoides, que a su vez se subdividen en trece grupos adicionales como flavonoles, flavanoles, flavones, isoflavones y antocianinas. Estos representan la mayoría de las especies fenólicas conocidas, con casi 6.000 de las 8.000 identificadas. A nivel estructural, son moléculas de peso molecular reducido con alrededor de quince átomos de carbono que forman una estructura C6-C3-C6 con dos anillos aromáticos (A y B) unidos por un anillo heterocíclico (C). La diversidad de estos compuestos se debe principalmente al grado de saturación de los anillos aromáticos y a los sustituyentes presentes. Por lo general, se encuentran almacenados en estructuras glucosídicas debido a su inestabilidad en estado libre (36,38).
- Según su distribución en la naturaleza, los compuestos fenólicos pueden dividirse en dos grupos: aquellos que se encuentran ampliamente distribuidos en el medio natural y aquellos cuya distribución es limitada. También existe un tercer grupo que incluye compuestos fenólicos presentes en especies poliméricas como los taninos y las ligninas (36,38).
- Según la localización de estos compuestos en la planta, pueden formar parte de la fracción soluble del contenido celular o de las paredes celulares.
- Por último, según su solubilidad, la estructura química determina cómo se relacionan con su entorno. Se distingue entre compuestos fenólicos solubles e insolubles. Ejemplos de compuestos solubles son fenoles simples, flavonoides y taninos de bajo peso molecular. Por otro lado, ejemplos de compuestos fenólicos insolubles son aquellos constituidos principalmente por taninos condensados o compuestos unidos a polisacáridos o proteínas que forman complejos estabilizados a nivel macroscópico (39).

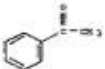
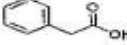
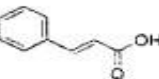
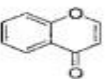
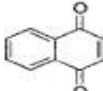
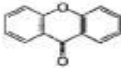
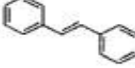
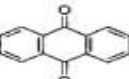
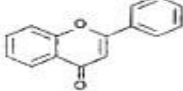
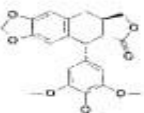
Class	Basic skeleton	Basic structure
Simple phenols	C ₆	
Benzoquinones	C ₆	
Phenolic acids	C ₆ -C ₁	
Acetophenones	C ₆ -C ₂	
Phenylacetic acids	C ₆ -C ₂	
Hydroxycinnamic acids	C ₆ -C ₃	
Phenylpropenes	C ₆ -C ₃	
Coumarins, isocoumarins	C ₆ -C ₃	
Chromones	C ₆ -C ₃	
Naphthoquinones	C ₆ -C ₄	
Xanthenes	C ₆ -C ₁ -C ₆	
Stilbenes	C ₆ -C ₂ -C ₆	
Anthraquinones	C ₆ -C ₂ -C ₆	
Flavonoids	C ₆ -C ₃ -C ₆	
Lignans and neolignans	(C ₆ -C ₃) ₂	
Lignins	(C ₆ -C ₃) _n	

Figura 8. Clasificación de compuestos fenólicos

Puma Yessica 2023 (36).

3.2.15. Método de Folin - Ciocalteu

El presente método se usa para cuantificar el contenido de compuestos fenólicos (cuantitativo) presentes en diversos materiales vegetativos. El reactivo de Folin-Ciocalteu quien tiene un pH alcalino y se fundamente en la reacción de dicho reactivo con los compuestos fenólicos, al crearse esto, da lugar a una coloración azul (cualitativo) que puede ser medido en el espectrofotómetro a 765 nm. El reactivo de Folin- Ciocalteu es la combinación de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico, los cuales reaccionan con los compuestos fenólicos. El ácido

fosfomolibdotúngstico, de color amarillo y compuesto por dos sales en un medio ácido, se reduce por los grupos fenólicos y adquiere un intenso color azul como se muestra en la figura 9, el cual se mide para determinar el contenido de fenoles (38).

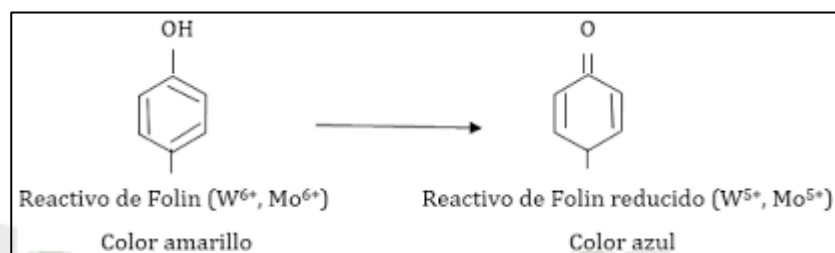


Figura 9. Principio químico del método de Folin-Ciocalteu

Laura Diez 2018 (39)

Esta es una reacción redox que también se utiliza como indicador de la actividad antioxidante. La intensidad de color azul va a depender de la oxidación de los fenoles presentes en una muestra a investigar. Este método, que se basa en un modelo de ácido gálico y se cuantifica mediante espectrometría, se considera preciso y sensible. La precisión y sensibilidad pueden variar según el volumen de la muestra utilizado, la concentración de reactivos y el tiempo de reacción (39).

3.2.16. Determinación de Actividad antioxidante

Método electroquímico CUPRAC. El método CUPRAC es una variante del FRAP que utiliza cobre en lugar de hierro. El potencial redox del Cu^{2+}/Cu^{+} (0.17 V) es más bajo que el del Fe^{3+}/Fe^{+} (0.77 V), lo que resulta en reacciones más selectivas. Azúcares y ácidos cítricos, que pueden interferir en el ensayo FRAP, no se oxidan en el ensayo CUPRAC. Sin embargo, para potenciales redox bajos, se incrementa el ciclo redox, lo que hace que la reducción del Cu^{2+} pueda ser un indicador aún más sensible del potencial antioxidante de los antioxidantes (35).

El ensayo CUPRAC es un método colorimétrico en el que se observan cambios en la absorción del complejo azulino de Neocuproína (Nc) de Cu^{2+} cuando se reduce al complejo amarillo de Nc de Cu^{+} en presencia de un antioxidante como se muestra en la figura 10, con una absorbancia máxima a 450 nm. El ion Cu^{2+} , al ser oxidante, mide la oxidación de los compuestos fenólicos. La cantidad de antioxidantes en la muestra se expresa en equivalentes de Trolox o ácido ascórbico mediante la calibración de la curva utilizando concentraciones conocidas de dichos patrones (38).

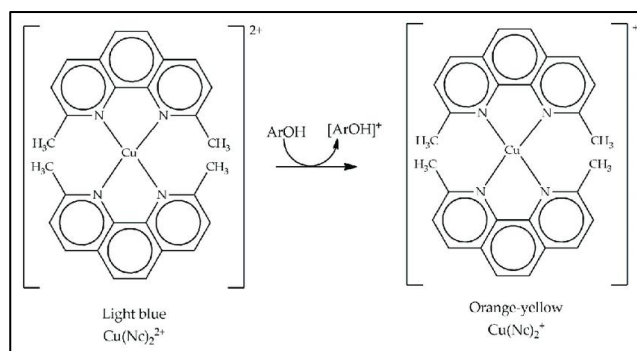


Figura 10. Principio químico del método de CUPRAC

Paula Estévez 2019 (40)

Este método tiene ventajas sobre otros mecanismos, como su simplicidad, linealidad en un amplio rango de concentraciones, y la capacidad de determinar antioxidantes hidrófilos y lipófilos ya que el cromóforo utilizado es soluble en agua y en lípidos, con un pH óptimo de trabajo cercano al fisiológico (31).

Método DPPH. El método presentado por Blois (1958) demostró por primera vez que, de una molécula de cisteína, el radical DPPH acepta un átomo de hidrógeno (H^+), demostrando así su capacidad del radical libre DPPH. Es también conocido como 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, quien es estable debido a la distribución de un electrón no emparejado en toda la molécula y presenta una coloración violeta que en presencia de antioxidantes progresivamente va decolorándose a amarillo. Esta decoloración será capaz de ser leída por el espectrofotómetro a 517 nm. Cuando el DPPH reacciona con un sustrato antioxidante capaz de donar un átomo de hidrógeno, se produce la reacción, como se muestra en la figura 11. Aunque existen modificaciones al método original, la mayoría de los estudios se basan en un tiempo de reacción de 20-30 minutos en lugar de los 120 minutos necesarios para alcanzar el estado estacionario y completar la reacción redox (34).

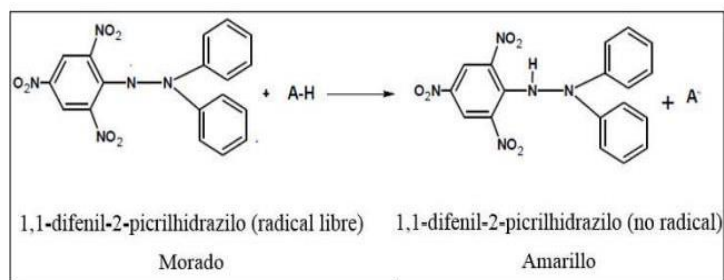


Figura 11. Principio químico del método DPPH

Escaracena Maritza 2022 (38)

Los resultados del ensayo DPPH han sido presentados de diversas formas. Algunos estudios presentan los resultados en términos de IC50, que vendría a ser la concentración media que inhibe una actividad biológica, es decir, la cantidad necesaria de un antioxidante para disminuir la concentración de radicales que genera el DPPH a la mitad. Este valor se determina trazando el %I (porcentaje inhibitorio) en función de la concentración de la muestra. Para extractos de plantas o compuestos puros, el valor de IC50 varía según la concentración final de DPPH utilizada. (38).

Así mismo, la actividad antioxidante se expresa como TEAC: actividad antioxidante equivalente a Trolox o también equivalente al ácido ascórbico (como antioxidantes de referencia). En ella se muestra relación entre la actividad antioxidante de la muestra y la del Trolox o ácido ascórbico.

3.2.17. Espectrofotometría

Es una técnica analítica en la que se utiliza un instrumento para analizar compuestos químicos cualitativo y a su vez cuantitativamente en la que se obtendrá la concentración de un patrón o muestra en una solución. Se basa en la medición de diversas moléculas con la capacidad de absorber radiaciones electromagnéticas en función de una longitud de onda, en cual la concentración del compuesto será directamente proporcional a la cantidad de luz que absorbe la materia. Para trabajar con estas mediciones, se debe seleccionar una longitud de onda, el cual indica la luz que pasa por la solución y en consecuencia dará como resultado la medición de la cantidad de luz absorbida o la transmisión de la muestra.

Los espectrofotómetros son instrumentos que constan de los siguientes elementos:

- Lámpara de deuterio y tungsteno, quien actúa como fuente de energía radiante (41).
- Dispositivo Óptico: monocromador que permite la selección y aislamiento de radiaciones de una longitud de onda específica, utilizando filtros, redes de difracción o prismas, es decir que la longitud de onda solo pasará por él (41).
- Cubetas de cuarzo, vidrio o plástico, quienes encajan en un compartimento donde se coloca una muestra a investigar. Para mediciones en UV, es necesario utilizar cubetas de sílice fundido o cuarzo, ya que el vidrio no transmite radiación UV (41).

- Amplificador y detector de luz que transforma las señales de luz en señales eléctricas (41).
- Un registrador o sistema de lectura de datos para analizar los resultados obtenidos (41).

En términos operativos, el proceso principalmente comienza con la selección de la fuente de luz y la longitud de onda específica para la medición. Existen espectrofotómetros modernos que solo trabajan con un solo haz, es decir una sola celda para la muestra y espectrofotómetros no tan recientes que trabajan a doble haz, es decir con dos celdas; en este caso, se utilizará uno de un solo haz.

Se empieza midiendo la absorbancia de la muestra de referencia que no contiene el analito de interés llamado blanco o muestra control, al cual se le determina un valor de cero ajustando para igualar la intensidad incidente y transmitida ($I_o = I_t$), resultando en una absorbancia de cero. Luego, se coloca la muestra en la celda y se registra su absorbancia (42).

3.3. Revisión de antecedentes investigativos

En el artículo titulado “Estudio comparativo de los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante entre la cáscara fresca y deshidratada del *Cucumis melo* L. (Melón)” publicado en el año 2022 por Ricardo Velásquez Carbo y Edison Zambrano Zamora, comparan las propiedades fotoquímicas y la capacidad antioxidante presentes en la cáscara fresca y deshidratada del *Cucumis melo* L. (melón), mediante el análisis experimental en cáscara seca y literatura científica de referencia enfocada al estudio de la cáscara fresca. Para realizar la experimentación, se deshidrató por estufa a 60°C (48 horas) la muestra a analizar, luego se realizaron los estudios fitoquímicos y fisicoquímicos a la muestra deshidratada obteniendo para grasas totales, cenizas, proteínas y humedad valores de 2.33%, 15.46%, 11.04%, y 18.70% respectivamente, obteniendo valores satisfactorios con respecto a los análisis proximales realizados por otros estudios en corteza fresca, además, en el ensayo de la capacidad antioxidante por el método DPPH se obtuvo para cáscara deshidratada, 54,819 mg/g MS y para el análisis de polifenoles y flavonoides totales se obtuvieron concentraciones de 26,813 mg PE/g y 52,221 mg QE/g, respectivamente, denotando resultados favorables a comparación de literaturas científicas realizadas en ensayos fitoquímicos que arrojaron valores de 12,27mg AAE/g para capacidad antioxidante, 25,48mg GAE/g

para polifenoles, y 15,19mg CE/g para flavonoides totales en cáscara fresca de melones cantalupo, demostrando que la cáscara deshidratada de melón ecuatoriano presenta valores significativos favorables con respecto a otros estudios, además de evidenciar que los subproductos del melón poseen fitonutrientes que potencialmente beneficiarían a la salud y bienestar de las personas, pudiendo ser un medio aprovechable para su aplicación en la industria farmacéutica y alimentaria (44).

En el trabajo de grado titulado “Caracterización de variedades cucurbitáceas para la obtención de compuestos antioxidantes a través de ultrasonido y pretratamientos” publicado en el año 2019 por Daniel Castillo y Johan Moreno, realizaron una extracción convencional utilizando solvente (agua) y compararon con una forma de extracción asistida por ultrasonido, luego las muestras también se sometieron a dos distintos tipos de pretratamiento; liofilización y congelación por nitrógeno líquido (muestras frescas), teniendo como resultado que extracto de la semilla Caribbean liofilizado extraído por el ultrasonido obtuvo los valores más altos de capacidad antioxidante en polifenoles $47,61 \pm 2,64$ mg Ácido gálico/100 g y un contenido de vitamina C de $65,57 \pm 2,16$ mg ácido ascórbico/ 100 g, para los ensayos FRAP y DPPH los extractos con más capacidad antioxidante fueron la pulpa Cantalupo extracción convencional-liofilizada (C+L) $2524 \pm 34,95$ μ mol TE/100 g y corteza Cantalupo extracción convencional-liofilizada (C+L) $216,96 \pm 5,59$ μ mol TE/100 g respectivamente, se concluyó que la extracción por ultrasonido acompañada por el pretratamiento de liofilización genera rendimientos hasta del 76% con respecto a la extracción convencional, en antioxidantes como Vitamina C y polifenoles, pero en pruebas como DPPH y FRAP el efecto de la liofilización tiene mejores resultados en la extracción convencional. (45)

En el artículo titulado “Composición fitoquímica y antioxidante in vitro. Actividad de las semillas de Melón Dorado (*Cucumis melo* L.) para aplicaciones de alimentos funcionales” publicado en el año 2019 por Ibidapo Olubunmi, Alagbe Olajumoke. Awogbemi Bamidele y Fatunmibi Omolara, Realizaron el análisis fitoquímico de los extractos de semillas de melón dorado, en el que reveló la presencia de algunos metabolitos secundarios como alcaloides, fenólicos, esteroides, flavonoides, terpenoides y cardíacos glucósidos. El contenido fenólico total del extracto fue de 29,39 mg/100 g, el contenido total de flavonoides fue de 20,67 mg/100 g. Se observó que la capacidad de recolección de residuos aumentaba en proporción a la

concentración para todos los ensayos de eliminación y en la concentración más alta de 100 µg/ml. El ensayo de capacidad antioxidante total mostró 19,44 mg por 100 g. La capacidad en los extractos de semillas puede atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en el extracto. La actividad eliminadora de radicales libres DPPH de 100 µg/ml de extracto de Cucumis melo fue $75,20\% \pm 0,72$ mientras que el estándar de referencia (ácido ascórbico) fue $83,24\% \pm 0,31$. La capacidad de inhibición de 100 µg/ml de extracto de Cucumis melo fue $87,18\% \pm 0,16$, mientras que el estándar (ascórbico ácido) fue $94,96\% \pm 0,16$ a la misma concentración. Los resultados obtenidos de este estudio mostraron que la capacidad del extracto para eliminar el óxido nítrico fue de $80,50\% \pm 0,63$, mientras que el antioxidante estándar fue $85,94\% \pm 0,54$ (46).

En el artículo titulado “Estudio de la capacidad antioxidante en semillas de sandía (*Citrullus Lanatus*) de 3 especies diferentes (Crimson sweet, Royal charleston y Peacock improved), producidas en el Ecuador.” Publicado en el año 2022 por Jerry Correa Rosado y Ingrid Ontaneda Bajaña, determinaron la actividad antioxidante utilizando una técnica de extracción alcohólica en semillas de 3 especies de sandías de mayor producción en el Ecuador, los resultados para las 3 especies de semillas de sandía fueron; fenoles totales con 8,66033 mg/L para la especie Crimson sweet se obteniendo el mayor valor, para compuestos flavonólicos se obtuvo el mayor valor para la especie Crimson sweet de 0,49333 mg/mL, para el caso del método DPPH que está relacionado con la concentración de fenoles y flavonoides se obtuvo un valor mayor para la especie Crimson sweet de 77,3253 µm, las mismas que si presentan diferencias significativas según el análisis ANOVA que nosotros consultamos, ya que el p es menor a 0.05 (47).

En el artículo titulado “Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto metanólico de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Charleston Grey” publicado en el año 2019 por Carla Gonzaby Cuadrado y Cindy Lindao Bararata, determinaron los polifenoles totales en extractos metanólicos preparados de cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Charleston Grey y su actividad antioxidante, se midió el contenido de polifenoles totales presentes mediante el ensayo Folin- Ciocalteu, la actividad antioxidante fue analizada utilizando el método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), posteriormente los resultados del estudio mostraron que la cáscara de la fruta *C. lanatus* variedad Charleston Grey contiene una

concentración promedio de polifenoles totales de 21,118 mg EAG/g y en su actividad antioxidante se obtuvo una capacidad de captación de radicales libres (% DPPH) promedio de 92,12% (48).

4. HIPOTESIS

Debido a que se encuentran escasas investigaciones en la bibliografía acerca del potencial antioxidante de las semillas de melón (*Cucumis melo L.*) es posible que la determinación del contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en dos variedades de semillas de *Cucumis melo L.*, guarden relación y sean aprovechadas a favor y a beneficio de la salud.





CAPITULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1. Materiales

Materiales de Laboratorio

- Soporte universal
- Pinzas para soporte universal
- Matraz Erlenmeyer
- Beakers 50 mL, 200 mL,
- Lunas de reloj
- Morteros
- Baguetas
- Embudos
- Pipetas de 10 mL y 5 mL
- Propipetas
- Espátula
- Tubos Falcon de 15 mL
- Tubos de ensayo de 15 mL
- Gradilla
- Probeta de 250 mL
- Pinzas
- Fiolas de 10, 25, 50 y 100 mL
- Micropipeta de 150 uL
- Celda de cuarzo para espectrofotómetro (Thermo Electron)
- Puntas para micropipeta
- Desecador de vidrio
- Frascos de vidrio ámbar con tapón y tapa rosca

Equipos de Laboratorio

- Estufa MEMMERT, tipo UM10D.220 voltios rango D
- Sonicador JP selecta
- Balanza analítica modelo Kern & Sohn
- Centrífuga (IEC Centra CL2)
- Destilador de agua GFL 2004

- Espectrofotómetro UV-visible Thermoscientific (Genesys 50)

Reactivos

- Alcohol metílico (J.T.Baker)
- Carbonato de sodio anhidrido p.a (Merck)
- Reactivo de Folin-Ciocalteu (Merck)
- Ácido Gálico (Sigma-Aldrich)
- Acetato de amonio (Duksan)
- Neocoproína (Sigma- Aldrich)
- Cloruro de cobre (Honeywell)
- Ácido Ascórbico
- Reactivo DPPH (Sigma-Aldrich)
- Trolox (Sigma-Aldrich)
- Agua destilada
- Etanol 96°

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el pabellón H en el laboratorio 103 de las instalaciones de la Universidad Católica de Santa María de la ciudad de Arequipa – Perú

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La materia en estudio, correspondió a un total de 0.6 Kg de semillas de melón; Cantalupo y Honeydew, de frutas expendidas en el mercado San Camilo en la ciudad de Arequipa. Estas semillas se extrajeron, se limpiaron y se le dio el siguiente tratamiento:

- Las semillas se guardaron en distintos recipientes protegidos de la luz y de la exposición al oxígeno para que, posteriormente se trasladaran al laboratorio.
- En el laboratorio se ingresaron las semillas de ambas variedades de melón a la estufa a desecar a una temperatura máxima de 40°-50°C por 3 horas.

2.2.2. Muestra

Por cada variedad de semillas melón, se tomaron 10 g para la obtención de los extractos.

3. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

3.1. Obtención de extractos por técnica de ultrasonido

Se pesó 10 g de semillas de cada variedad de melón y se añadió cada uno en un matraz Erlenmeyer. Se agregó 20 mL de metanol al 70% y se dejó macerar por 24 horas.

Posteriormente, se realizó la extracción asistida por ultrasonido por 30 min, el proceso se realizó dos veces, recogiendo el sobrenadante de ambos procesos en frascos de vidrio ámbar con tapón y tapa rosca, procurando proteger en todo momento de la luz y el oxígeno.

Luego, los extractos obtenidos se vaciaron en tubos Falcón y se sometieron a centrifugación a 3000 rpm por 10 minutos. Se recogió el sobrenadante y se almacenó en frascos de vidrio ámbar con tapón y tapa rosca. Luego, en una fiola de 25 mL se agregó 15 mL de extracto para cada variedad y se completó con metanol de 70%. (48).

3.2. Determinación de polifenoles totales por método Folin–Ciocalteu

3.2.1. Preparación de soluciones

- **Solución de carbonato de sodio 7.5% (w/v):** Se preparó 7.5 g de Na_2CO_3 , llevado a un volumen de 100 mL, fiola fue enrazada con agua destilada (49).
- **Solución de Folin - Ciocalteu 10%:** Se colocó 10 mL de reactivo de F-C a una fiola de 100 mL y se enrasó con agua destilada (49).
- **Solución stock de ácido gálico (GA) 1000 $\mu\text{g/mL}$:** Se disolvió 0.100 g de GA en agua destilada llevada a una fiola 100 mL, (49)

3.2.2. Preparación de la curva de calibración

De la solución stock preparada de ácido gálico (GA), se disponen de 5 diluciones de las cuales se asignó concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 $\mu\text{g/mL}$. De dichas diluciones, se tomaron diferentes alícuotas conteniendo 1, 2, 3, 4 y 5 mL respectivamente y se llevaron a fiolas de 100 mL aforadas con agua destilada y homogeneizadas protegidas de la luz.

Luego, se transfirió 1 mL de cada dilución preparada de ácido gálico preparado, a distintos tubos correspondientes en los que se le añadió 5 mL de la solución de Folin-Ciocalteu 10%. Enseguida, se agregó 4 mL de la solución de Carbonato de Sodio 7.5 %, así mismo, se preparó el blanco el cual tuvo los mismos reactivos a excepción de la solución stock ácido gálico (GA), así como se resume en la tabla 4. Una vez preparado, se taparon los tubos y se agitaron, después se almacenaron durante 1 hora en un ambiente oscuro. Pasado dicho tiempo, se procedió a anotar la absorbancia dada por el espectrofotómetro UV-visible a 765 nanómetros (nm). El ensayo se realizó por triplicado (50).

Tabla 4. Preparación de la curva de calibración por método Folin–Ciocalteu

Nº	Estándares	Solución stock AG (mL)	Folin - Ciocalteu 10% (mL)	Carbonato de sodio 7.5% (mL)
	Concentración (µg/mL)			
1	10	1	5	4
2	20	1	5	4
3	30	1	5	4
4	40	1	5	4
5	50	1	5	4
Blanco	-	-	5	4

Fuente: elaboración propia, 2024.

3.2.3. Preparación de muestras metanólicas

Para determinar el contenido de compuestos fenólicos totales en los extractos metanólicos de semillas de melón, se realizó el mismo procedimiento, pero en lugar de adicionar la solución stock (GA) se adiciona el extracto obtenido de la muestra. Se tomó 1 mL de extracto de semillas de cada variedad, se adicionó 5 mL de la solución preparada del reactivo de Folin-Ciocalteu, por último, se añadió 4 mL de carbonato de sodio. Se tapó y se dejó en reposo por 1 hora en un ambiente oscuro. Transcurrido el tiempo, se procedió a medir la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro UV-visible. El ensayo se realizó por triplicado.

3.3. Determinación de capacidad antioxidante por método de CUPRAC

3.3.1. Preparación de soluciones

- **Acetato de Amonio solución Buffer 1M a pH 7:** Pesar 7.708 g de acetato de amonio y se llevó a una fiola de 100 mL enrasado con agua destilada.

- **Neocuproína solución 7.5×10^{-3} M.** Se pesó 0.1520 g de neocuproína y se llevó a una fiola de 100 mL enrasado con Etanol 96°
- **Cloruro de Cobre Dihidratado. Solución $1,2 \times 10^{-2}$ M:** se pesó 0.2046 g y se llevó a una fiola de 100 mL enrasado con agua destilada.
- **Solución stock, ácido ascórbico (AA) 2.0×10^{-4} M.** Se pesó 0.88 mg de ácido ascórbico y se llevó a una fiola de 25 mL enrasado con Etanol 96°.

3.3.2. Preparación de curva de calibración

Se preparó una solución stock de ácido ascórbico 2.0×10^{-4} y se realizaron 5 disoluciones con las concentraciones: 10 μ M, 20 μ M, 40 μ M, 60 μ M, 80 μ M. Para ello, se dispuso de 5 tubos a los cuales se le añadió a cada uno las siguientes cantidades en el orden a nombrar:

1 mL de buffer acetato de amonio, 1 mL de neocuproína, 1 mL de Cloruro de Cobre, 0.25 mL, 0.5 mL, 1 mL, 1.5 mL, 2 mL de la solución stock de ácido ascórbico y por último se completó con agua destilada hasta lograr un volumen de 5 mL (2 mL, 1.75 mL, 1.5 mL, 1 mL, 0.5 mL respectivamente), a excepción del tubo número 5. Se preparó el blanco el cual tuvo los mismos reactivos a excepción de la solución stock de ácido ascórbico como se resume en la tabla 5.

Enseguida, fueron tapadas, agitadas rigurosamente y dejadas en reposo a T° ambiente por el transcurso de 30 min en total oscuridad, posteriormente fueron leídas a una longitud de onda de 450 nm en el espectrofotómetro. El ensayo se hizo por triplicado.

Tabla 5. Preparación de curva de calibración por método CUPRAC

Estándares		Buffer acetato de amonio (mL)	Neocuproína (mL)	Cloruro de cobre (mL)	Solución stock AA (mL)	Agua destilada (mL)
N°	Concentración (μM)					
1	10	1	1	1	0.25	1.75
2	20	1	1	1	0.50	1.50
3	40	1	1	1	1.00	1.00
4	60	1	1	1	1.50	0.50
5	80	1	1	1	2.00	0.00
Blanco	-	1	1	1	-	2.00

Fuente: elaboración propia, 2024.

3.3.3. Preparación de soluciones metanólicas

Se hizo el mismo procedimiento, donde en lugar de adicionar la solución stock de ácido ascórbico se utiliza el extracto metanólico de la muestra, utilizando 1 mL del extracto de semillas de cada variedad y agregando en este caso 1 mL de agua destilada. Se cerró, se agitó y se almacenó a temperatura ambiente y en oscuridad por 30 minutos. Luego fueron leídas en el espectrofotómetro a 450 nm. El ensayo se hizo por triplicado.

3.4. Determinación de capacidad antioxidante por método de DPPH

3.4.1. Preparación de soluciones

- **2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) 1×10^{-4} M.** Se pesó 3.9 mg del radical DPPH y se llevó a una fiola de 100 mL y se enrasó con metanol al 80%. Se agitó hasta obtener una buena disolución.
- **Solución Stock, Trolox (6-hidroxi-2, 5, 7, 8- tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (TE) 8×10^{-4} M.** Se pesó 10 mg de trolox y se llevó a una fiola de 50 mL y se enrasó con metanol al 80% (80:20 v/v).

3.4.2. Preparación curva de calibración

A partir de la solución stock de Trolox, se prepararon 5 diluciones con las concentraciones de: 100 μ M, 200 μ M, 400 μ M, 500 μ M, 600 μ M. De dichas diluciones, se tomaron alícuotas de 1.25, 2.5, 5, 6.25 y 7.5 mL respectivamente y fueron llevadas a fiolas de 10 mL y aforadas con metanol 80% y homogeneizadas protegidas de la luz.

Se tomó 5 tubos y con una micropipeta se transfirió 100 μ L de cada disolución de Trolox a cada uno y se agregó 2.9 mL de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Se agregó 2 mL de metanol 80 % completando a un volumen de 5 mL en cada tubo. Así mismo se preparó el blanco el cual tuvo los mismos reactivos a excepción de la solución stock Trolox como se muestra en la tabla 6. Se taparon los tubos y se mezclaron rigurosamente, luego permanecieron en reposo durante 30 min. Protegidos de la luz y a temperatura ambiente. Transcurrido dicho tiempo se procedió a medir las absorbancias en el espectrofotómetro a 517 nm. El ensayo se realizó por triplicado.

Tabla 6. Estándar de solución del extracto metanólico DPPH

N°	Estándares	Solución Stock Trolox (μL)	DPPH (mL)	Metanol 80% (mL)
	Concentración (μM)			
1	100	100	2.9	2
2	200	100	2.9	2
3	400	100	2.9	2
4	500	100	2.9	2
5	600	100	2.9	2
Blanco	-	-	2.9	2

Elaboración propia, 2024.

3.4.3. Preparación de muestras metanólicas

Se hizo el mismo procedimiento, donde en lugar de adicionar solución stock de Trolox se utiliza el extracto de la muestra de semillas, utilizando 100 μL del extracto metanólico puro de cada variedad. Se cerró, se agitó y se almacenó en oscuridad a temperatura ambiente por 30 minutos. Luego fueron sometidas al espectrofotómetro contra un blanco a 517 nm. El ensayo se hizo por triplicado.



CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Se recolectó 0.6 Kg de semillas de *Cucumis melo L.* de la variedad Honeydew y Cantalupo, obtenidas el mes de enero en el mercado San Camilo en la ciudad de Arequipa. Se limpió de impurezas y se almacenó en la refrigeradora a 2°C hasta su estudio posterior. Se observó que ambas muestras presentan características diferentes en cuanto a su color, forma y tamaño; siendo las semillas de melón Honeydew de color blanco cremoso y en su interior verde pálido, con una forma ovalada y pequeñas. Mientras que, las semillas del melón Cantalupo son de color naranja, con una forma más ovalada y alargada que las semillas de melón Honeydew como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Semillas de melón Honeydew y Cantalupo

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS

Para la determinación de (CFT) compuestos fenólicos totales, se empleó el método espectrofotométrico Folin–Ciocalteu. Siguiendo el procedimiento detallado en el capítulo II de planteamiento operacional, en el apartado 3.2, en la figura 13, se observa los resultados cualitativos del método Folin–Ciocalteu de la preparación de soluciones estándar de Ácido Gálico (GA) antes de ser leídos en el espectrofotómetro UV-Visible para la construcción de la curva de calibración.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 13. Soluciones estándar de ácido gálico (GA)

Se obtuvo la gráfica de la curva de calibración cuyos resultados de absorbancia según la concentración se plasman en la tabla 7. Se dispuso 5 estándares que correspondían a las concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 $\mu\text{g/mL}$ cuyas absorbancias fueron leídas en el espectrofotómetro UV-Visible a 765 nanómetro (nm) de longitud de onda, realizando el experimento por triplicado.

Tabla 7. Absorbancias por método Folin–Ciocalteu

N° de estándar	Concentración (ppm)	Absorbancias a 765 nm			Absorbancia promedio	DE	%CV
		1	2	3			
1	10	0.111	0.100	0.100	0.104	0.006	6.12
2	20	0.271	0.223	0.211	0.235	0.032	13.51
3	30	0.342	0.330	0.336	0.336	0.006	1.79
4	40	0.492	0.456	0.456	0.468	0.021	4.44
5	50	0.574	0.548	0.544	0.555	0.016	2.93

Nota. DE: Desviación estándar. CV: coeficiente de variabilidad.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Con los resultados de la tabla 7, se obtuvieron los parámetros para la construcción de la curva de calibración y obtención del modelo a partir de un análisis de regresión lineal, cuyos resultados se muestran en la figura 14.

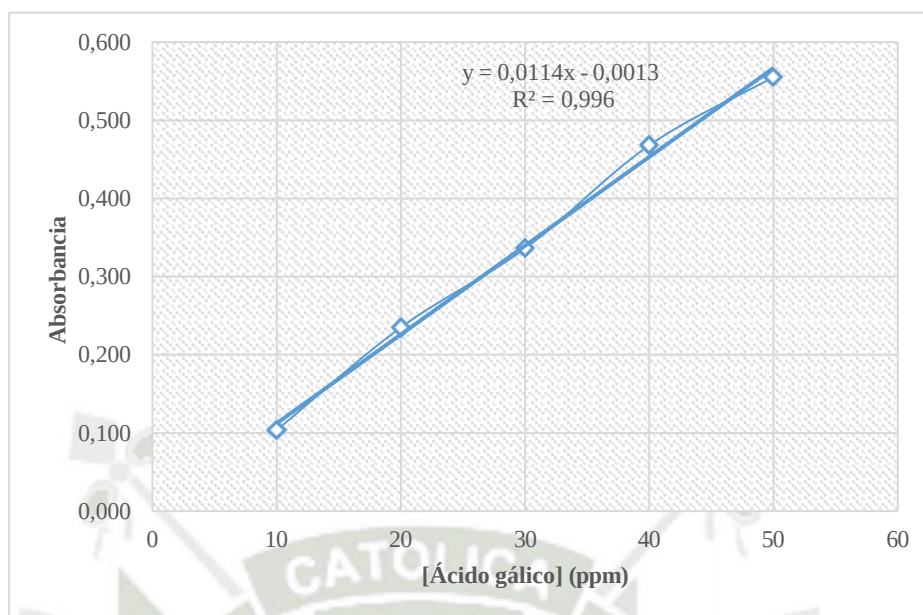


Figura 14. Curva de calibración método Folin – Ciocalteu

A partir del ajuste obtenido del gráfico de la figura 14, se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.996, una pendiente positiva (b) igual a 0.0114 y, un intercepto (a) igual a (-) 0.0013. Por tanto, se determinó el siguiente modelo matemático que predice con un buen ajuste lineal, el comportamiento de la absorbancia (Y) en función del contenido de compuestos fenólicos totales (CFT):

$$Y = 0.0114X - 0.0013 \quad \text{Ec. 1}$$

En la tabla 8, se presentan las absorbancias finales obtenidas en los extractos metanólicos de semillas de las dos variedades de melón.

Tabla 8. Absorbancias de los extractos metanólicos

Variedades de melón	Repeticiones	Absorbancia
Honeydew	1	0.365
	2	0.476
	3	0.512
Promedio		0.451
DE		0.077
Cantalupo	1	0.339
	2	0.429
	3	0.437
Promedio		0.402
DE		0.054

Fuente: elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en la tabla 8, las absorbancias promedio para el extracto metanólico Honeydew es de 0.451, en comparación con el melón Cantalupo con promedio 0.402 absorbancia.

Para obtener el contenido de CFT en la muestra de extracto metanólico de cada variedad de melón, se empleó la ecuación 2.

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

C₁: representan el contenido de CFT en la solución estándar

V₁: volumen total de la solución estándar (mL)

C₂: contenido de CFT en el extracto de semillas

V₂: volumen del extracto de semillas (mL)

De la expresión descrita en ecuación 2, se busca obtener C₂, para ello, se obtiene la C₁ del modelo matemático (ecuación 1), donde al despejarse, queda la siguiente expresión:

$$X = C_1 = \frac{0.365 + 0.0013}{0.0114} \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo “Y” la absorbancia, es reemplazada por los valores respectivos de cada muestra de los extractos metanólicos presentados en la tabla 8, con lo cual se obtienen los valores de C₁ en ppm. Haciendo una muestra de cálculo para el extracto metanólico 1, correspondiente a melón Honeydew, se tiene lo siguiente:

$$C_1 = \frac{0.512 + 0.0013}{0.0114}$$

$$C_1 = 32.13 \text{ ppm}$$

El valor de C₁ expresado en µg GAE por mL de solución, es sustituido en la relación de la ecuación 2, dando el valor de C₂ para la muestra de cálculo seleccionada, quedando de la siguiente manera:

$$C_2 = \frac{32.13 \mu g \frac{GAE}{ml \text{ extracto metanólico}} * 10 ml \text{ solución estandar}}{1 ml \text{ extracto de la semilla de melón}}$$

$$C_2 = 321.3 \mu g \text{ GAE/ ml extracto de la semilla de melón}$$

La C2, se debe expresar en mg GAE / g solución del extracto, para ello, se pesó el volumen del extracto de las semillas de cada melón, siendo 0.9715 g por cada 1 ml de extracto de la variedad Honeydew y 0.9456 g para la variedad Cantalupo, la C2 para la muestra 1 del melón Honeydew, es la siguiente:

$$C2 = 321.3 \frac{\mu g \text{ GAE}}{ml \text{ extracto}} * \frac{1 \text{ ml extracto}}{0.9715 \text{ g}}$$

$$C2 = 331 \frac{\mu g \text{ GAE}}{g \text{ extracto}} = 0.331 \text{ mg } \frac{\text{GAE}}{\text{g}} \text{ extracto}$$

El valor de la concentración de CFT, indica que, en 1 gramo de extracto de las semillas de melón, se encuentra 0.331 mg GAE, por tanto, para 100 g de extracto, se tiene 33.10 mg de GAE. El procedimiento se repite para las demás muestras metanólicas, los resultados se reportan en la tabla 9.

Tabla 9. CFT en los extractos de semillas de melón

Variedad de melón	Muestra	CFT extracto (ppm)	CFT Extracto (mg GAE/g)	CFT Extracto (mg GAE/ 100 g)
Honeydew	1	321.316	0.331	33.10
	2	418.684	0.431	43.10
	3	450.263	0.463	46.30
Promedio		396.754	0.408	40.84
DE		67.213	0.069	6.92
Cantalupo	1	298.509	0.316	31.60
	2	377.456	0.399	39.9
	3	384.474	0.407	40.70
Promedio		353.480	0.374	37.38
DE		47.735	0.050	5.050

Nota. DE: Desviación estándar.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Los resultados de la tabla 9, se pueden resumir en la figura 15, donde se puede observar que el extracto de semillas del melón Honeydew, presentó mayor concentración promedio de compuestos fenólicos totales, en comparación con el extracto de las semillas del Cantalupo, siendo 40.84 mg GAE/ 100g ± 6.92 g y 37.38 mg GAE/100g ±5.05 respectivamente.

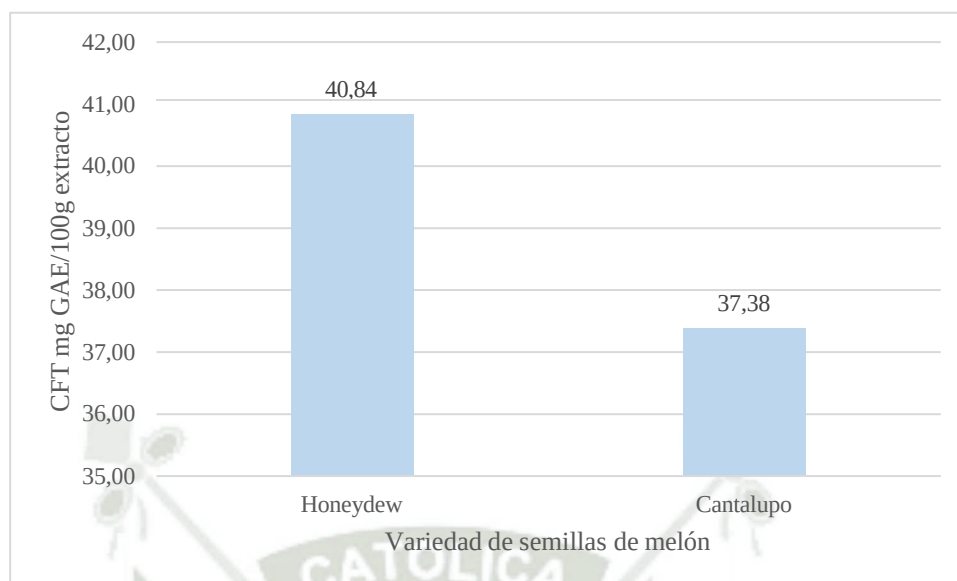


Figura 15. Contenido promedio de CFT en los extractos

En una investigación de Castillo et al. (2019) (45) estudio en Colombia, presenta que las semillas de melón de la variedad Cantalupo contiene $33.84 \text{ mg GAE}/100\text{g} \pm 2.65$, siendo este valor similar al obtenido en el presente estudio de $37.38 \text{ mg GAE}/100\text{g} \pm 5.05$, estos datos afirman la presencia de compuestos fenólicos en las semillas de melón de la variedad Cantalupo, sin embargo, es posible que esta diferencia de resultados sea por el método de extracción utilizado por los autores, ya que aplicó la extracción por ultrasonido utilizando como solvente agua, y como menciona Makino et al. (1982), los medios acuosos usados para extraer un extracto por ultrasonido pueden generar radicales libres ya que las moléculas disueltas en agua expuestas a las ondas ultrasónicas quienes generan cavitación o vibración, producen radicales libres y dichos radicales reaccionan con los compuestos orgánicos, lo que puede afectar la calidad en la obtención del rendimiento de polifenoles (51). Así mismo, en la misma investigación de Castillo et al. (2019) se determinó el contenido de CFT en las semillas de la variedad Caribbean, reportando $28.40 \text{ mg GAE}/100\text{g} \pm 7.55$ (45), lo que indica que la presencia de compuestos fenólicos presentes en dicha variedad de semillas, es relativamente inferior a los datos obtenidos en las semillas de la variedad Honeydew y Cantalupo del presente estudio mostradas en la figura 15. Por otro lado, no se encontró en la literatura estudios sobre el contenido de CFT en las semillas de la variedad de melón Honeydew.

Además, en el estudio de Castillo et al. (2019), se encontró también investigación sobre el CFT en la corteza o también llamado epicarpio de la fruta en la variedad de melón Cantalupo, presentando una concentración de $16.99 \text{ mg GAE}/100\text{g} \pm 6.31$ (45), lo que

puede indicar que las semillas de melón presentan mayor contenido de compuestos fenólicos totales como se presenta en la tabla 9.

En otro estudio realizado por Ganji et al. (2019), estudio en California, determinaron que en la pulpa o también llamada mesocarpio de melón se encuentran CFT con concentración promedio de 0.96 mg GAE/g (52). La diferencia radica en que el contenido de CFT fue hallada en la pulpa del fruto y los resultados obtenidos en el presente estudio fue en las semillas como se muestra en la tabla 9 expresado en mg GAE/g. Ciertamente dichos resultados indican que las diferentes partes del fruto melón (*Cucumis melo L.*), como el epicarpio, mesocarpio y semillas poseen CFT, quiere decir que, por lo general, disponen de beneficios para la salud.

3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

3.1. Capacidad antioxidante método CUPRAC

En la presente investigación se determinó la capacidad antioxidante de las semillas de melón de *Cucumis melo L.*, mediante el método espectrofotométrico CUPRAC. Siguiendo el procedimiento detallado en el capítulo II de planteamiento operacional, en el apartado 3.3, en la figura 16, se observa los resultados cualitativos del método CUPRAC de la preparación de soluciones estándar de ácido ascórbico antes de ser leídos en el espectrofotómetro UV-Visible para la construcción de la curva de calibración.

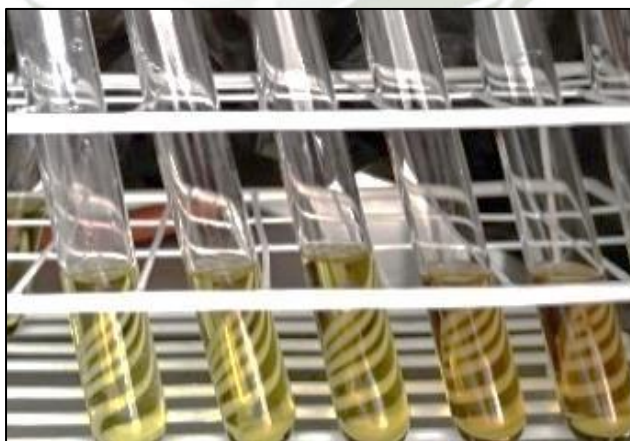


Figura 16. Soluciones estándar de Ácido Ascórbico

Fuente: elaboración propia, 2024.

Se obtuvo la gráfica de calibración cuyos resultados de absorbancia y concentración se muestran en la tabla 10. Se dispuso 5 estándares que correspondían a las concentraciones de 10 μM , 20 μM , 40 μM , 60 μM y 80 μM cuyas absorbancias fueron leídas en el espectrofotómetro UV-Visible a 450 nm de longitud de onda, realizando el experimento por triplicado.

Tabla 10. Absorbancias de las soluciones estándar método CUPRAC

N° de estándar	Concentración (μM)	Absorbancias a 450 nm			Absorbancia promedio	DE	%CV
		1	2	3			
1	10	0.381	0.383	0.386	0.383	0.0025	0.66%
2	20	0.621	0.551	0.612	0.595	0.0381	6.40%
3	40	0.871	1.242	1.207	1.107	0.2048	18.51%
4	60	1.135	1.663	1.676	1.491	0.3087	20.70%
5	80	1.520	2.206	2.235	1.987	0.4047	20.37%

Nota. DE: Desviación estándar.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Con los resultados de la tabla 10, se obtuvieron los parámetros para la construcción de la curva de calibración y obtención del modelo a partir de un análisis de regresión lineal, cuyos resultados se muestran en la figura 17.

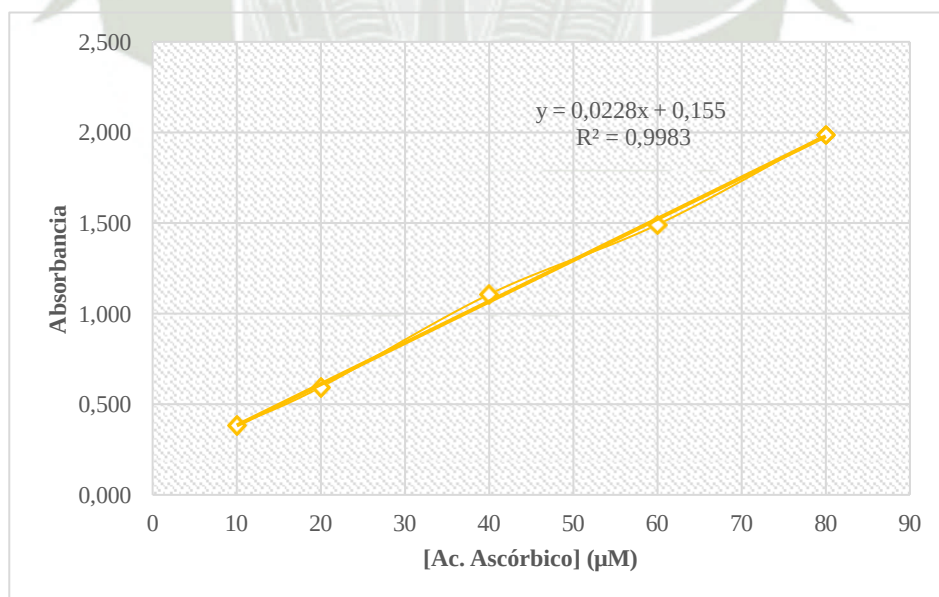


Figura 17. Curva de calibración método CUPRAC

Fuente: elaboración propia, 2024.

A partir del ajuste obtenido del gráfico de la figura 17, se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.9983, una pendiente positiva (b) igual a 0.0228 y, un intercepto (a) igual a 0.155. Por tanto, se determinó el siguiente modelo matemático que predice el comportamiento de la absorbancia (Y) en función de la capacidad antioxidante:

$$Y = 0.0228X + 0.155 \quad \text{Ec. 4}$$

En la tabla 11, se presentan las absorbancias y concentraciones finales obtenidas en los extractos metanólicos de los dos tipos de melón.

Tabla 11. Capacidad antioxidante en los extractos metanólicos

Variedad de melón	Repeticiones	Absorbancia
Honeydew	1	0.803
	2	0.827
	3	0.846
Promedio		0.825
DE		0.022
Cantalupo	1	0.611
	2	0.616
	3	0.631
Promedio		0.619
DE		0.010

Nota. DE: Desviación estándar.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Para obtener la capacidad antioxidante expresada como concentración de ácido ascórbico en el extracto de las semillas de melón, se emplea la ecuación 2:

Donde:

C_1 : concentración de ácido ascórbico en el volumen total de la solución estándar, en μM .

V_1 : volumen total de la solución estándar (mL).

C_2 : concentración de ácido ascórbico en el volumen de extracto, en μM .

V_2 : volumen del extracto (mL).

De la expresión descrita en ecuación 2, se busca obtener C_2 , para ello, se obtiene la C_1 del modelo matemático (ecuación 4), donde al despejarse, queda la siguiente expresión (ecuación 5):

$$X = C1 = \frac{Y - 0.155}{0.0228} \quad \text{Ec. 5}$$

Siendo “Y” la absorbancia, es reemplazada por los valores respectivos de cada muestra de los extractos metanólicos presentados en la tabla 11, con lo cual se obtienen los valores de C1 en μM de ácido ascórbico. Haciendo una muestra de cálculo para el extracto metanolico 1, correspondiente a melón Honeydew, se tiene lo siguiente:

$$C1 = \frac{0.803 - 0.155}{0.0228}$$

$$C1 = 28.42 \mu\text{M}$$

El valor de C1 es sustituido en la relación de la ecuación 2, dando el valor de C2 para la muestra de cálculo seleccionada, quedando de la siguiente manera:

$$C2 = \frac{28.42\mu\text{M} * 5\text{ml solución estandar}}{1 \text{ ml extracto de semillas de melón}}$$

$$C2 = 142.11 \mu\text{M}$$

La C2 contenida en 1 ml de extracto de semillas del melón Honeydew equivale a 142.11 μM /0.9715 g de extracto, obteniéndose que, para 1 g de extracto la concentración sería 146.27 $\mu\text{M/g}$. El procedimiento se repite para todas las muestras metanólicas, los resultados se reportan en la tabla 12, considerando que 1 ml de extracto de semillas de melón Cantalupo, equivale 0.9456 g.

Tabla 12. Capacidad antioxidante en los extractos de semillas de melón-CUPRAC

Variedad de melón	Repeticiones	CA de AA en el extracto (μM)	CA de AAE en el extracto ($\mu\text{M/g}$)
Honeydew	1	142,11	146,27
	2	147,37	151,69
	3	151,54	155,98
Promedio		147.00	151.32
DE		4.73	4.86
Cantalupo	1	100,00	105,75
	2	101,10	106,91
	3	104,39	110,39
Promedio		101.83	107.69
DE		2.28	2.41

Nota. DE: Desviación estándar.

Fuente: elaboración propia, 2024.

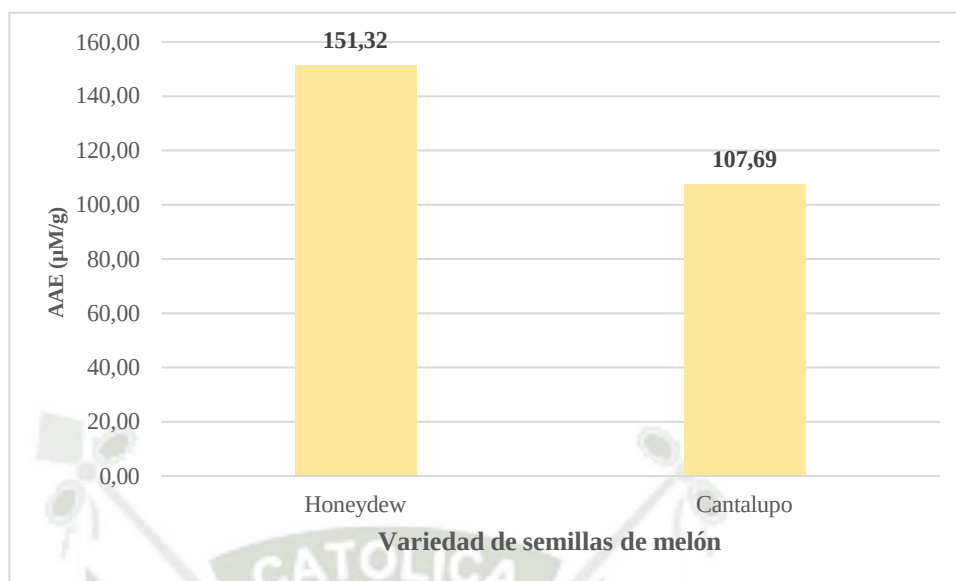


Figura 18. Capacidad antioxidante de los extractos por método CUPRAC

Los resultados de la tabla 12, indica que las semillas de la variedad de melón Honeydew posee mayor capacidad antioxidante, reportando CA promedio de $151.32 \mu\text{M/g} \pm 4.86$ de ácido ascórbico equivalente, mientras que, en las semillas de la variedad Cantalupo contiene $107.69 \mu\text{M/g} \pm 2.41$ como se muestra gráficamente en la figura 18, no obstante, ambas variedades refieren CA.

En la literatura no se encuentra como tal un valor de las semillas de melón estudiadas en el presente trabajo por el método CUPRAC, sin embargo, se encontró una especie de la familia cucurbitáceas, como es el melón amargo (*Momordica charantia*) reportado en el estudio de Sercan Türkoğlu et al. 2020, estudio en Turquía, en el que muestra su capacidad antioxidante de $140.8 \mu\text{M TE/g}$, dicho resultado se expresa en Trolox equivalente, lo que diferencia a los resultados mostrados en la tabla 12 de la presente investigación, expresado en ácido ascórbico equivalente. Denotando que, las semillas Honeydew contiene mayor capacidad antioxidante que las del melón amargo y mayor que la de Cantalupo (53).

3.2. Capacidad antioxidante por método DPPH

El siguiente método utilizado para la determinación de la capacidad antioxidante fue el método espectrofotométrico DPPH, el cual emplea el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo. Siguiendo el procedimiento detallado en el capítulo II de planteamiento operacional, en el apartado 3.4, en la figura 19, se observa los resultados cualitativos

del método DPPH de la preparación de soluciones estándar de trolox antes de ser leídos en el espectrofotómetro UV-Visible para la construcción de la curva de calibración.



Fuente: elaboración propia, 2024.

Figura 19. Soluciones estándar de Trolox

Se obtuvo la gráfica de calibración cuyos resultados de absorbancia y concentración se muestran en la tabla 13. Se dispuso 5 estándares que correspondían a las concentraciones de 100 μM , 200 μM , 400 μM , 500 μM y 600 μM cuyas absorbancias fueron leídas en el espectrofotómetro UV-Visible a 517 nm de longitud de onda, realizando la experimentación por triplicado.

Tabla 13. Absorbancias de las soluciones estandar de trolox – metodo DPPH

N° de estándar	Concentración (μM)	Absorbancias a 517 nm			Absorbancia promedio	DE	%CV
		1	2	3			
1	100	0.648	0.741	0.740	0.710	0.053	7.53%
2	200	0.601	0.679	0.689	0.656	0.048	7.34%
3	400	0.552	0.580	0.591	0.574	0.020	3.50%
4	500	0.518	0.545	0.550	0.538	0.017	3.20%
5	600	0.463	0.534	0.515	0.504	0.037	7.29%
BLANCO		0.890	0.886	0.892	0.889	0.003	0.34%

Nota. DE: Desviación estándar. CV: coeficiente de variabilidad.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Dado que, la actividad antioxidante se expresa como el porcentaje de inhibición o de captación del radical DPPH, los valores de absorbancia obtenidos en la tabla 13, son convertidos a %inhibición empleando la ecuación 6.

$$\%Inhibición = \left(1 - \frac{Ax}{Ab}\right) \times 100$$

Ec. 6

Donde:

Ax: absorbancia de la muestra

Ab: absorbancia de solución a tiempo 0

De esta manera, en la tabla 14, se muestran los resultados en termino de %inhibición para la construcción de la curva de calibración del método DPPH.

Tabla 14. %inhibición para la curva de calibración

Concentración Trolox (μM)	Absorbancia promedio	%inhibición
100	0.710	20.20
200	0.656	26.20
400	0.574	35.42
500	0.538	39.54
600	0.504	43.33

Fuente: elaboración propia, 2024.

A partir de los resultados de la tabla 14, se obtuvo la curva de calibración presentada en la figura 20.

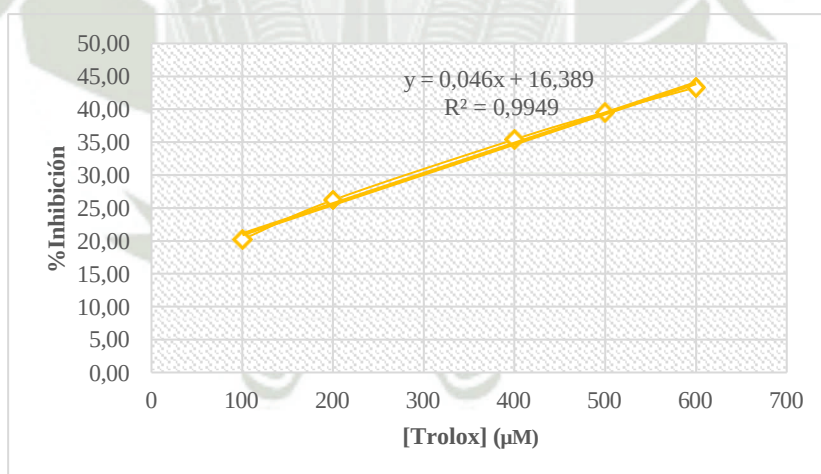


Figura 20. Curva de calibración método DPPH

De la figura 20, se obtuvo un ajuste con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.9949, una pendiente positiva (b) igual a 0.046 y un intercepto (a) igual a 16.389. Por tanto, se determinó el siguiente modelo matemático que predice con un buen ajuste lineal.

$$Y = 0.046X + 16.389$$

Así mismo, se midieron las absorbancias finales de los extractos de semillas de ambas variedades de melón, como se muestra en la tabla 15, cuyos valores se emplearon para la determinación de la actividad antioxidante y capacidad antioxidante, así mismo estas se interpolan utilizando la ecuación de regresión lineal para obtener la concentración de TE en μM .

Tabla 15. Absorbancias y concentraciones de los extractos metanólicos

Variedad de melón	Repeticiones	Absorbancia	Concentración μM TE
Honeydew	1	0.508	501.54
	2	0.502	624.70
	3	0.497	647.57
Promedio		0.502	591.27
DE		0.006	78.545
Cantalupo	1	0.559	351.31
	2	0.557	486.57
	3	0.556	510.94
Promedio		0.557	449.61
DE		0.002	85.99

Fuente: elaboración propia, 2024.

Las absorbancias mostradas en la tabla 15, se emplearon para determinar la actividad antioxidante en términos de (%I) porcentaje de inhibición (ecuación 6), cuyos resultados se reportan en la tabla 16.

Tabla 16. Capacidad antioxidante de los extractos – método DPPH

Tipo de melón	Repeticiones	% Inhibición
Honeydew	1	42.86
	2	43.53
	3	44.09
Promedio		43.49
DE		0.62
Cantalupo	1	37.12
	2	37.35
	3	37.46
Promedio		37.31
DE		0.17

Nota. DE: Desviación estándar

Fuente: elaboración propia, 2024.

Los resultados promedio del % inhibición de la tabla 16, son representados en el gráfico de la figura 21, donde se puede apreciar que los extractos de las semillas del melón

Honeydew, presentan mayor actividad antioxidante con un %inhibición del radical DPPH de 43.49%, en contraste con la obtenida para el melón cantalupo 37.31% sin embargo, para las dos variedades se ha demostrado la presencia de la actividad antioxidante.

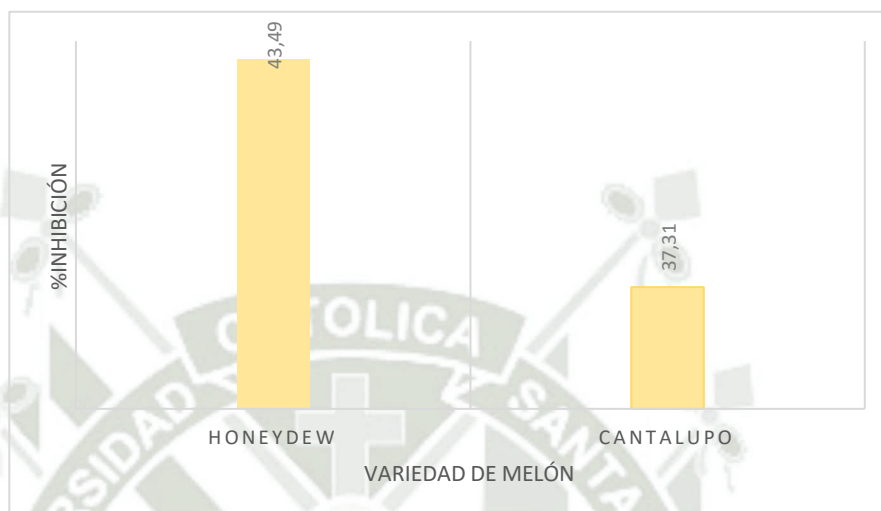


Figura 21. Actividad antioxidante por método DPPH

Para expresar los resultados en capacidad antioxidante total (CAT) ($\mu\text{M TE/g}$) en ambas variedades de semillas de melón, se emplea la ecuación 2. En seguida, se expresó el resultado en gramos, tomando en cuenta la cantidad en gramos de las muestras de semillas de cada variedad de melón, cuyos resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Capacidad antioxidante total (CAT) por método DPPH

Variedad de melón	Repeticiones	CAT (μM)	CAT ($\mu\text{M TE/g}$)	CAT ($\mu\text{M TE/100g}$)
Honeydew	1	10.03	1.00	100.3
	2	12.49	1.25	124.9
	3	12.95	1.30	129.5
Promedio		11.83	1.18	118.3
DE		1.57	0.16	15.7
Cantalupo	1	7.03	0.70	70.3
	2	9.73	0.97	97.3
	3	10.22	1.02	102.2
Promedio		8.99	0.90	89.92
DE		1.72	0.17	17.20

Nota. DE: Desviación estándar.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Se puede observar en la tabla 17, que la capacidad antioxidante total (TAC) promedio dada en $\mu\text{M}/100\text{g}$ de trolox equivalente por el método de DPPH, es superior para las semillas Honeydew con $118.3 \mu\text{M ET}/100\text{g}$ en comparación con las semillas Cantalupo con $89.92 \mu\text{M ET}/100\text{g}$.

Diversos autores como Sevgi et al. (2010) y Patrick et al. (2009) mencionan que las semillas de melón Honeydew se caracteriza por su alta actividad antioxidante (54 y 55) y en el estudio de Alam Zeb (2019), estudio en Pakistan, comprueba que las semillas de la variedad anteriormente mencionado contiene 38% de inhibición o neutralización de radicales libres, en dicha investigación se utilizó las semillas previamente desecadas y trituradas hasta la obtención de un polvo fino y para la extracción usó como solvente metanol:agua (1:1) colocando en baño de agua a 30°C durante una hora (56). En comparación con el resultado obtenido en la tabla 16 del presente trabajo, donde se muestra una ligera diferencia mayor. Esto podría indicar que el tratamiento de la muestra y extracción, pueden variar en los valores de actividad antioxidante.

Por otro lado, en el estudio de Ibidapo et al. (2019), estudio en Nigeria, refiere que la actividad inhibidora de RL fue $75,2\% \pm 0,72$ en el extracto obtenido de las semillas de melón Dorado, utilizando el método de extracción por maceración durante 72 horas (46). Mientras que, en comparación a los resultados de este estudio, indica que la variedad Honeydew y Cantalupo presentan menor actividad inhibitoria $43.49\% \pm 0.62$ y $37.31\% \pm 0.31$ respectivamente. Dichos resultados pueden diferir por el método de extracción y variedad de melón (*Cucumis melo L.*).

Con respecto a la capacidad antioxidante de las semillas de melón, en la bibliografía se encuentra que en la investigación de Castillo et al. 2019 (45), las semillas Cantalupo tuvo un contenido de $68.025 \mu\text{M TE}/100\text{g} \pm 8.60$ por método de extracción convencional-liofilizada usando como solvente agua, en comparación con el contenido obtenido en el presente trabajo de $89.92 \mu\text{M TE}/100\text{g} \pm 17.20$ indicando que hay presencia de capacidad antioxidante en dichas semillas. Cabe resaltar que esta diferencia de resultados puede deberse al método de extracción y solvente utilizado. Así mismo, se encontró en la investigación de Castillo et al. (2019), que la corteza y pulpa del fruto melón Cantalupo obtuvo $220 \mu\text{M TE}/100\text{g}$ y $72.09 \mu\text{M TE}/100\text{g}$ respectivamente usando el método de extracción convencional-liofilizada (43), indicando una mayor capacidad antioxidante en la corteza de dicho fruto.

Así mismo, se comparó la capacidad antioxidante de las semillas de otra especie, pero de la familia de melón (familias cucurbitáceas) como es la sandía. En la investigación de Yao et al., en el año 2019, estudio en China, realizó la extracción de aceite de semillas de sandía utilizando hexano como solvente y en dicha muestra determinó que contiene $43.1 \mu\text{M TE}/100\text{g}$ (57), comparado con los resultados obtenidos en la tabla 17, se puede decir que, ambas variedades de melón poseen mayor capacidad antioxidante que las semillas de sandía. Cabe resaltar que, difieren en el tipo de muestra, es decir; el extracto de sandía es no polar y extracto de melón es polar. Sin embargo, ambos gozan de capacidad antioxidante y pueden ser beneficiosos para la salud.

4. RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS CON LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Para la determinación de la relación entre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante. Se realizó un ajuste lineal por cada método CUPRAC y DPPH, cuyos resultados se presentan en las figuras 22 y 23.

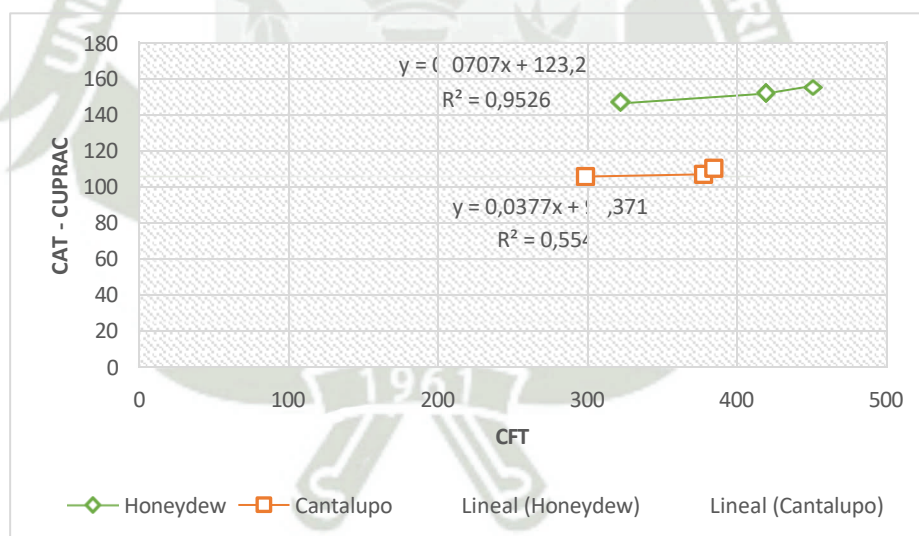


Figura 22. Curva de regresión lineal entre la CFT y la capacidad antioxidante CUPRAC

Se puede observar de la figura 22, que existe una relación entre el contenido de CFT y la capacidad antioxidante por método CUPRAC en los extractos de semillas de ambas variedades de melones, obteniéndose un mejor ajuste para el melón Honeydew, con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.9526, indicando la linealidad entre las 2 variables. Lo que significa que, 95% del contenido de CFT predice la capacidad antioxidante por el método de CUPRAC, mientras que, para las semillas de melón

Cantalupo predice el 55% la relación entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante. Esta relación es directamente proporcional, es decir, cuanto más contenido de compuestos fenólicos se presenten, mayor será la capacidad antioxidante.

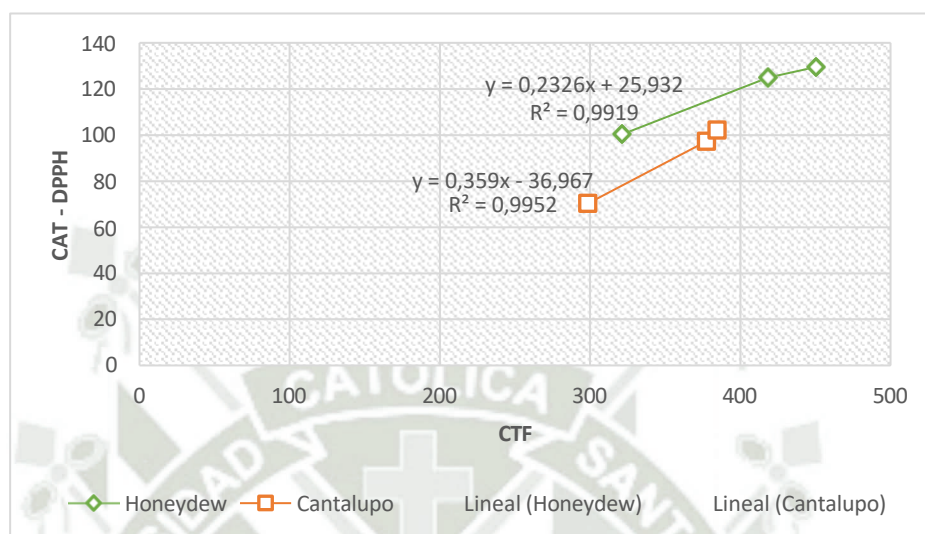


Figura 23. Curva de regresión lineal entre el CFT y la capacidad antioxidante DPPH

De la figura 23, se puede observar que existe una relación entre la capacidad antioxidante por DPPH con los CFT, con un nivel de ajuste alto, resultando con R^2 igual a 0.9919 y 0.9952 para las semillas de melón Honeydew y Cantalupo respectivamente, esto quiere decir que para ambas variedades de semillas de melón el 99% del contenido de compuestos fenólicos predice la capacidad antioxidante por método DPPH, indicando igualmente la relación directamente proporcional. Estos resultados difieren en cierta medida con el método CUPRAC, lo que podría indicar que el método DPPH es eficaz para la determinación de CAT del presente estudio.

5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

5.2. Relación de los compuestos fenólicos totales en la capacidad antioxidante

Para la comprobación se realizó un análisis de varianza lineal, para determinar si es posible que el modelo lineal predice el comportamiento de las 2 variables (CFT y capacidad antioxidante). Para ello, se plantean las siguientes hipótesis y criterios de aceptación y rechazo a un nivel de probabilidad del 95%:

H₀: el modelo lineal no predice adecuadamente el comportamiento entre las 2 variables.

H_a: el modelo lineal si predice adecuadamente el comportamiento entre las 2 variables.

Si la significancia es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, de lo contrario, si la significancia es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula. De esta manera, en las tablas 19 y 20, se muestran los resultados del análisis de varianza para comprobar la predicción del modelo con las 2 variables, para el melón Honeydew.

Tabla 18. Análisis de varianza lineal para CFT y DPPH en semillas Honeydew

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	306.226	1	306.226	1.640	,035 ^b
	Residuo	186.761	1	186.761		
	Total	492.987	2			

Nota. a. Variable dependiente: CAT DPPH Honey. b. Predictores: (Constante), CFT Honey
Fuente: Software SPSS

Tabla 19. Análisis de varianza lineal para CFT y CUPRAC en semillas Honeydew

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	41.679	1	41.679	7.343	,032 ^b
	Residuo	5.676	1	5.676		
	Total	47.355	2			

Nota. a. Variable dependiente: CAT CUPRAC Honey. b. Predictores: (Constante), CFT Honey.
Fuente: Software SPSS.

De acuerdo con los resultados de las tablas 19 y 20, los valores de significancia menores a 0.05, indican que, para el modelo lineal, el contenido de CFT si predice el comportamiento de la variable capacidad antioxidante por método CUPRAC y DPPH de los extractos de las semillas Honeydew, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

De manera similar, en las tablas 21 y 22, se muestran los resultados de varianza para comprobar la predicción del modelo con las 2 variables, para el melón Cantalupo.

Tabla 20. Análisis de varianza lineal para CFT y CUPRAC en semillas Cantalupo

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	10.535	1	10.535	9.351	,026 ^b
	Residuo	1.127	1	1.127		
	Total	11.662	2			

Nota. A. Variable dependiente: CAT CUPRAC Cantal, b. Predictores: (constante), CFT Cantal.

Fuente: Software SPSS.

Tabla 21. Análisis de varianza lineal para DPPH y CFT Cantalupo

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	184.447	1	184.447	1,455	,044 ^b
	Residuo	405.760	1	405.760		
	Total	590.207	2			

Nota. A. Variable dependiente: CAT DPPH Cantal, b. Predictores: (constante), CFT Cantal.

Fuente: Software SPSS

De acuerdo con los resultados de las tablas 21 y 22, los valores de significancia menores a 0.05, indican que, para el modelo lineal, el contenido de CFT si predice el comportamiento de la variable capacidad antioxidante por método CUPRAC y DPPH de los extractos de semillas Cantalupo, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

5.3. Comparación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante entre las dos variedades de melón (*Cucumis melo L.*)

Para comprobar si el contenido de CFT y la capacidad antioxidante pueden variar de acuerdo a la variedad de semillas de melón utilizado, se aplicó una prueba de comparación de medias t-student para muestras independientes, para la cual se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas y criterios de aceptación y rechazo, a un nivel de probabilidad de 95%:

H₀: No hay diferencia significativa en la variable (CFT o CAT) entre las dos variedades de semillas de melón

H_a: Hay diferencia significativa en la variable (CFT o CAT) entre las dos variedades de semillas de melón.

Para aceptar la hipótesis alterna, el nivel de significancia debe ser menor a 0.05, de lo contrario, se acepta la hipótesis nula (sig.>0.05).

De esta manera, para el contenido de CFT, se muestran los resultados en la Tabla 23.

Tabla 22. Prueba t – student para CFT entre las dos variedades de semillas de melón

Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba-t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
CFT	Se asumen varianzas iguales	,565	,494	,909	4	,415	43,27333	47,59386	-88,86840 175,41506
	No se asumen varianzas iguales			,909	3,608	,420	43,27333	47,59386	-94,71947 181,26614

Fuente: Software SPSS

De la Tabla 23, puede apreciar que el valor de la significancia es menor a 0.05, lo cual indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los extractos de las dos variedades de semillas de melón (Honeydew y Cantalupo), con respecto al CFT medido por el método Folin-Ciocalteu.

De forma similar, en la Tabla 24, se muestran los resultados de la prueba t -student para la capacidad antioxidante de los extractos de semillas de las dos variedades de melón obtenida por método de CUPRAC.

Tabla 23. Prueba t – student para CUPRAC entre las dos variedades de melón

Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior
CAT CUPRAC	Se asumen varianzas iguales	,949	,385	13,911	4	,000	43,63000	3,13626	34,92235 52,33765
	No se asumen varianzas iguales			13,911	2,929	,001	43,63000	3,13626	33,51022 53,74978

Fuente: Software SPSS

De la Tabla 24, se puede observar que el valor de la significancia es menor a 0.05, lo cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad antioxidante obtenida por método CUPRAC entre los extractos de las semillas de las dos variedades de melón. Lo cual indica que, para esta variable y este método, se encontró una diferencia de la variedad del fruto sobre esta propiedad.

Tabla 24. Prueba t – student para DPPH entre las dos variedades de melón

Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia
CAT DPPH	Se asumen varianzas iguales	,008	,932	2,370	4	,077	30,76000	12,97928	-5,27627 66,79627
	No se asumen varianzas iguales			2,370	3,998	,077	30,76000	12,97928	-5,28483 66,80483

Fuente: Software SPSS

De la Tabla 25, se puede observar que el valor de la significancia es mayor a 0.05, lo cual indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad antioxidante obtenida por método DPPH entre los extractos de las semillas de las dos variedades de melón. Lo cual indica que, para esta variable y este método, no se encontró una diferencia de la variedad del fruto sobre esta propiedad.

CONCLUSIONES

1. Se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales presentes en los extractos de semillas de melón mediante el método de Folin-Ciocalteu, se encontró que en las semillas de melón Honeydew presenta la concentración significativamente mayor (40.89mgGAE/100g) que las semillas de la variedad Cantalupo (37.38 mg GAE/100g).
2. Se determinó la capacidad antioxidante de las muestras por los métodos de CUPRAC y DPPH. Para el método de CUPRAC, se obtuvo un valor promedio de 151.32 $\mu\text{M/g}$ y 104.69 $\mu\text{M/g}$ de ácido ascórbico para los extractos de las semillas de melón Honeydew y Cantalupo respectivamente. Para el método DPPH, se obtuvo una capacidad antioxidante total de 118.3 $\mu\text{M TE/100g}$ para las semillas de melón Honeydew y 89.92 $\mu\text{M TE/100g}$ para las semillas de melón Cantalupo.
3. Se analizó la relación entre el contenido de compuestos fenólicos de los extractos de semillas de melón (*Cucumis melo L.*), con la capacidad antioxidante, encontrándose que, del modelo lineal entre las 2 variables, el contenido de CFT si predice adecuadamente la capacidad antioxidante.
4. La comparación de la capacidad antioxidante medida por el método DPPH entre las variedades de melón, demostró que no existe diferencia significativa entre las dos variedades.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar otros métodos de extracción para un estudio completo de los diferentes bioactivos presentes, considerando que las semillas tienden a presentar compuestos apolares.
- Se recomienda determinar otros compuestos bioactivos presentes en las semillas de melón.
- Se recomienda aplicar las pruebas no solo en los extractos de las semillas de melón, sino en otras partes como la corteza con el fin de aprovechar los compuestos antioxidantes que posee este fruto.
- Se recomienda analizar y determinar los compuestos fenólicos presentes en las semillas de melón



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT base de datos estadística [Internet]. Italia [Roma]; 2021 [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
2. Pilar García. Composición y sustancias bioactivas en subproductos de la industrialización de frutas. Revista del Foro de la Alimentación, la Nutrición y la Salud [Internet]. 2022 [citado el 16 de mayo de 2024]; (3): 44-22. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68539/NR42849.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Ben-Othman, Ivi Jõudu, Rajeev Bhat. Bioactives From Agri-Food Wastes: Present Insights and Future Challenges. Molecules [online]. 2020 January [cited May 16, 2024]; 25(1): 23-1. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68539/NR42849.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Organización Mundial de la Salud. Sitio web mundial [Internet]. Setiembre 2023 [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
5. Ramirez Pimentel, Juan Gabriel et al. Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) Rev. Mex. Cienc. Agric [Internet]. 2016 [citado el 16 de mayo de 2024]; 7(7): 1667-1678. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000701667&script=sci_arttext_plus&tlng=es#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20del%20aceite%20de,Hu%20y%20Ao%2C%202007\).](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000701667&script=sci_arttext_plus&tlng=es#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20del%20aceite%20de,Hu%20y%20Ao%2C%202007).)
6. Jashbir Singh, Rita Metrani, Sadhana Ravishankar. Multi-location evaluation of Cantalupo (*Cucumis melo* L.) cultivars for their aroma and flavor related volatile composition using a metabolomics approach. Food Chemistry Advances [online]. 2023 [cited May 16, 2024]; 2:2772-753. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X23000436>
7. Alex Salvador. Evaluación del rendimiento y el total de sacarosa disuelta (°Bx) de quince cultivares de melón (*Cucumis melo* L.) en sustrato compost y mezcla compost con arena bajo condiciones de macrotúnel [Internet]. [Honduras]: Zamorano; 2011

- [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/6d8e19f0-b630-48e4-943c-b2a0d27d021a>
8. Marcelo Zolezzi V. Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón *Cucumis melo* L. Instituto de Investigaciones Agropecuarias [Internet]. Santiago [Chile]; 2017 [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6666/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20366?sequence=1&isAllowed=y>
 9. Dan Drost. Honeydew y Otros Melones de Invierno en el Huerto [Internet]. [Estados Unidos]: Universidad Estatal de Utah; agosto 2019 [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://extension.usu.edu/productionhort/files/Honeydew-y-Otros-Melones-de-Invierno-en-el-Huerto.pdf>
 10. Base de Datos de las especies de Galápagos. Taxonomía de *Cucumis melo* L. Fundación Charles Darwin [Internet]. Bélgica [Bruselas]; 2024 [citado el 16 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://datazone.darwinfoundation.org/es/checklist/?species=405#taxonomy>
 11. Pérez B, Bringas E, Saucedo C, Núñez de Villavicencio M, Báez Sañudo R. Efecto del uso de cera comestible en las características físico-químicas de melón cantalupo. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [Internet]. 2003;5(2):140-147. Disponible de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81350212>.
 12. Gómez García, Campos et al. Valorization of melon fruit (*Cucumis melo* L.) by-products: phytochemical and biofunctional properties with emphasis on recent trends and advances. Trends in Food Science & Technology [online]. 2020 [cited May 16, 2024]; 99: 507-519. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419306417?via%3Dihub>
 13. Alberto Herrera, Cesar Aguirre. Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.). Scielo [Internet]. 2016 [citado el 17 de mayo de 2024]; 7: 1678-1667. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000701667&script=sci_arttext_plus&tlng=es
 14. Bala S, Garg D, Sridhar K, Inbaraj BS, Singh R, Kamma S, Sharma M. Transformation of agro-waste into value-added bioproducts and bioactive compounds: Micro/nano formulations and application in the agri-food-pharma sector. [online]. 2023 [cited May 17, 2024]; 10(2): 152. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10020152>

15. Lisa Laur, Li Tian. Provitamin A and vitamin C contents in selected California-grown Cantalupo and honeydew melons and imported melons. Journal of Food Composition and Analysis [online]. March 2011 [cited May 17, 2024]; 24(2):194-201. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157510002772?via%3Di%3Dhub>
16. Carlos Polanco V. Desarrollo de un procedimiento extractivo mediante lixiviación utilizando la técnica Soxhlet para la obtención de la fracción lipídica extractable contenida en la semilla de melón variedad Cantalupo (*Cucumis melo L.*), a nivel laboratorio utilizando solventes no polares. Universidad de San Carlos de Guatemala [Internet]. Guatemala [San Carlos]; 2022. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/5870>
17. Arno Bourgonje, Martin Feelisch et al. Oxidative Stress and Redox-Modulating Therapeutics in Inflammatory Bowel Disease. ScienceDirect [online]. November 2020 [cited May 17, 2024]; 26(11) : 1034-1046. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147149142030157X>
18. Rodríguez José, Menéndez José, Trujillo Yoel. Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. Rev Cub Med Mil [Internet]. 2021. Mar. [citado el 17 de mayo de 2024]; 30(1): 15-20. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572001000100007&lng=es.
19. Lucía Constanza, Maira Muñoz. Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. Nova [Internet]. Diciembre 2021 [citado el 17 de mayo de 2024]; 10: 250-135. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v10n18/v10n18a08.pdf>
20. Klaus A. et al. Generación de diferentes ERO por transferencia de energía o reducción secuencial univalente del oxígeno triplete en estado basal. ResearchGate [Internet]. 2008 [citado el 20 de mayo de 2024]. Disponible en https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Generacion-de-diferentes-ERO-por-transferencia-de-energia-o-reduccion_fig1_278683656
21. Karl Aramounil, Roland Assaf¹, Abdullah Shaito et al. Biochemical and cellular basis of oxidative stress: Implications for disease onset. J Cell Physiol. [online]. Sep2023 [cited May 20, 2024]; 238:1951–1963. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37436042/>.

22. Ibrahim González. Radicales libres: Algunas consideraciones clínicas. *Gac Méd Caracas* [Internet]. Abril 2006 [citado el 20 de mayo de 2024]; 114(2):98-91. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622006000200001
23. Lotito SB, Frei B. Consumption of flavonoid-rich foods and increased plasma antioxidant capacity in humans: cause, consequence, or epiphenomenon? *Free Radic Biol Med* [online]. 2020 [cited May 20, 2024]; 37(41): 1727-46. Available in: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S086434662011000500013&script=sci_arttext.
24. Winterbourn CC. 2023. Knowledge the chemistry and biology of reactive oxygen species. *Nat Chem Biol* 4:278-286.
25. Venereo Gutiérrez Justo. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Rev Cub Med Mil* [Internet]. Junio 2023 [citado el 20 de mayo de 2024]; 31(2): 126-133. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es.
26. María Ríos. El estrés oxidativo y el destino celular. *Revista Química Viva* [Internet]. Marzo 2023 [citado el 20 de mayo de 2024]; 2(1): 28-17. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86320104.pdf>
27. Fridovich I. Oxygen toxicity: a radical explanation. *J. Exp. Biol.* 2023 [cited Jun 3, 2024]; 201: 1-15.
28. Halliwell B, Gutteridge J. *Free radicals in Biology and Medicine*. Tercera edición. Oxford, New York, 2022.
29. Zelko I, Mariani T, Foiz R. Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the Cu – Zn – SOD (SOD1), Mn- Sod (SOD2) and EC-Sod (SOD3) gene structures and expression. *Free Radic. Biol. Med.* 2022 [cited Jun 3, 2024]; 33 (3): 337 – 349.
30. Henry Guija-Guerra, Emilio Guija-Poma. Radicales libres y sistema antioxidante. *Horiz Med (Lima)* [Internet]. Marzo 2023. [citado el 4 de junio de 2024]; 6(1): 53-48. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727558X2023000200013&script=sci_arttext&tlng=en
31. Antonio Torrez. Síntesis Química y Enzimática de nuevos antioxidantes lipofílicos derivados de compuestos fenólicos [Internet]. [Granada] Universidad de Granada; 2004 enero [citado el 4 de junio de 2024]. Disponible en: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/37577/FCI_T_9_38.pdf?sequence=1

32. Montse Vilaplana. Antioxidantes presentes en los alimentos. Vitaminas, minerales y suplementos. Elsevier [Internet]. Nov. 2022 [citado el 4 de junio de 2024]; 26(10): 86-79 Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-antioxidantes-presentes-alimentos-vitaminas-minerales-13112893>
33. Grunder Carranza, Erick C.. Antioxidantes sintéticos de matriz fenólica para conservar comestibles con alto contenido de ácidos grasos insaturados (ÁGI). Rev. Tecnológica [Internet]. 2019 [citado el 4 de junio de 2024];15(21): 23-18. Disponible en: http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322019000100004&lng=pt&nrm=iso
34. Rodrigo Andres Vallejos Maureira. Efecto de la deshidratación de la pulpa de cereza por ventana de refractancia y comparación entre la aplicación de presiones reducidas y pretratamiento por ultrasonido. Universidad de Chile Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. [Internet]. 2024 [citado el 4 de junio de 2024]; 12(24): 7-1. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/198414/efecto-de-la-deshidratacion-de-la-pulpa-de-cereza-por-ventana-de-refractancia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
35. Zamora L., Loredo A. Importancia del Melón (*Cucumis melo*) y Técnicas para su Conservación. Journal of BioProcess and Chemical Technology [Internet]. 2020 [citado el 6 de junio de 2024]; 12(24): 7-1. Disponible en: <http://www.biochemtech.uadec.mx/wp-content/uploads/2022/01/1-JBCT-2020-001.pdf>.
36. Yessica Rosalia Puma Eugenio. Efecto del tratamiento térmico en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del zumo de tuna (*Opuntia ficus indica*) en tres ecotipos. Universidad Nacional de Moquegua. Ciencia y Tecnología Internacional [Internet]. [citado el 6 de junio de 2024]; 9(4), 271–278. Disponible en: <https://repositorio.unam.edu.pe/items/077a5e78-b0aa-4883-a249-e6bc13d7657d>.
37. Viña, Sonia Zulma. Compuestos fenólicos. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales [Internet]. 2013 [citado el 6 de junio de 2024] <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/112803>
38. Rocio Maritza Escaracena Quispe. Efecto de congelación y secado de la oca (*Oxalis Tuberosa*) sobre la capacidad antioxidante para la obtención de la kcaya. [Internet]. 2022 [citado el 6 de junio de 2024]; 12(1) 1-88. Universidad Nacional de Juliaca. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6541591>.

39. Laura Diez. Métodos analíticos para la determinación de antioxidantes en olivas [Internet]. [Madrid]: Universidad Complutense. 2018 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20DIEZ%20DE%20LA%20IGLESIA.pdf>
40. Paula Estévez. Evaluación de la Capacidad Antioxidante de diferentes Variedades Autóctonas de Higo (Ficus carica) de las Islas Baleares [Internet]. [Palma]: Universidad de las Islas Baleares. 2019 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/149796/Estevez_GuajardoFajardo_Paula.pdf
41. Marieta L., Passos, M. et al. Detection in UV-visible spectrophotometry: Detectors, detection systems, and detection strategies. Measurement [online]. March 2019 [cited Jun 6, 2024]; 135: 904-896. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224118311904>
42. Alexander Shard, Robert Schofield, Caterina Minelli. Chapter 3.2.3 - Ultraviolet-visible spectrophotometry. Characterization of Nanoparticles [online]. 2020 [cited Jun 6, 2024]; 196-185. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128141823000122#preview-section-cited-by>
43. Diario Digital de Actualidad Hortofructicola [Internet]. Aguadulce (Almería)-España. 2022 [citado el 6 junio de 2024]. Disponible en: <https://hortoinfo.es/record-historico-produccion-mundial-melon/>
44. Velásquez Ricardo, Zambrano Edison. Estudio comparativo de los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante entre la cáscara fresca y deshidratada del Cucumis melo L. (Melón) [Internet]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. 2022 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/d6bbfd7a-23dc-4417-b090-47527f643467>
45. Daniel Castillo, Johan Moreno. Caracterización de variedades cucurbitáceas para la obtención de compuestos antioxidantes a través de ultrasonido y pretratamientos Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería Departamento de Ingeniería [Internet]. Bogotá-Colombia. 2019 [citado el 6 junio de 2024]. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/7783>

46. Ibidapo P., Alagbe Olajumoke, J. Awogbemi and O. Fatunmibi Omolara. Phytochemical Composition and in vitro Antioxidant Activity of Golden Melon (*Cucumis melo L.*) Seeds for Functional Food Application. International Journal of Biochemistry Research & Review [online]. 2019 [cited Jun 6, 2024]; 25(2): 13-1. Available in: <https://journalijbcr.com/index.php/IJBCRR/article/view/523>
47. Correa Jerry, Ontaneda Ingrid. Estudio de la capacidad antioxidante en semillas de arena (*Citrullus Lanatus*) de 3 especies diferentes (Crimson sweet, Royal charleston y Peacock mejorada), producidas en Ecuador [Internet]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. 2022 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/2802cfba-a238-468d-b93b-46a6ed92fecc>
48. Gonzabay Carla, Lindao Cindy. Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto metanólico de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Charleston Grey [Internet]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. 2019 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/04c65d34-9fae-4fba-9a47-814bc11c883b>
49. Muñoz-Bernal Óscar A., Torres-Aguirre Gaspar A., Núñez-Gastélum José A., Rosa Laura A. de la, Rodrigo-García Joaquín, Ayala-Zavala J. Fernando et al. Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. TIP [Internet]. 2017 dic [citado 6 de junio de 2024]; 20(2): Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2017000200023&lng=es.
50. Amesquita X, Gutierrez J. Correlación entre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de (+)-catequina y (-)- epicatequina con el porcentaje de sólidos de cacao en chocolates comerciales, Arequipa 2023 [Internet]. [Arequipa]: Universidad Católica de Santa María; 2023 [citado el 6 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/a9fd70a3-6c8f-4f1a-bcf7-e2d7c1ca8fd7>
51. Makino, K., Mossoba, M. M., & Riesz, P. (1982). Chemical Effects of Ultrasound on Aqueous Solutions. Evidence for OH and .H by Spin Trapping. 1968(24) : 3537–3539. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/135041779500022X#:~:text=>

Molecules%20dissolved%20in%20water%20can,the%20gas%20in%20the%20soluti
on.

52. Ganji SM, Singh H, Friedman M . Phenolic content and antioxidant activity of extracts of 12 melon (*Cucumis melo*) peel powders prepared from commercial melons. Journal of Food Science. Jun 2019 [citado el 6 de junio de 2024]; 84(7): 1943-1948. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31211417/>

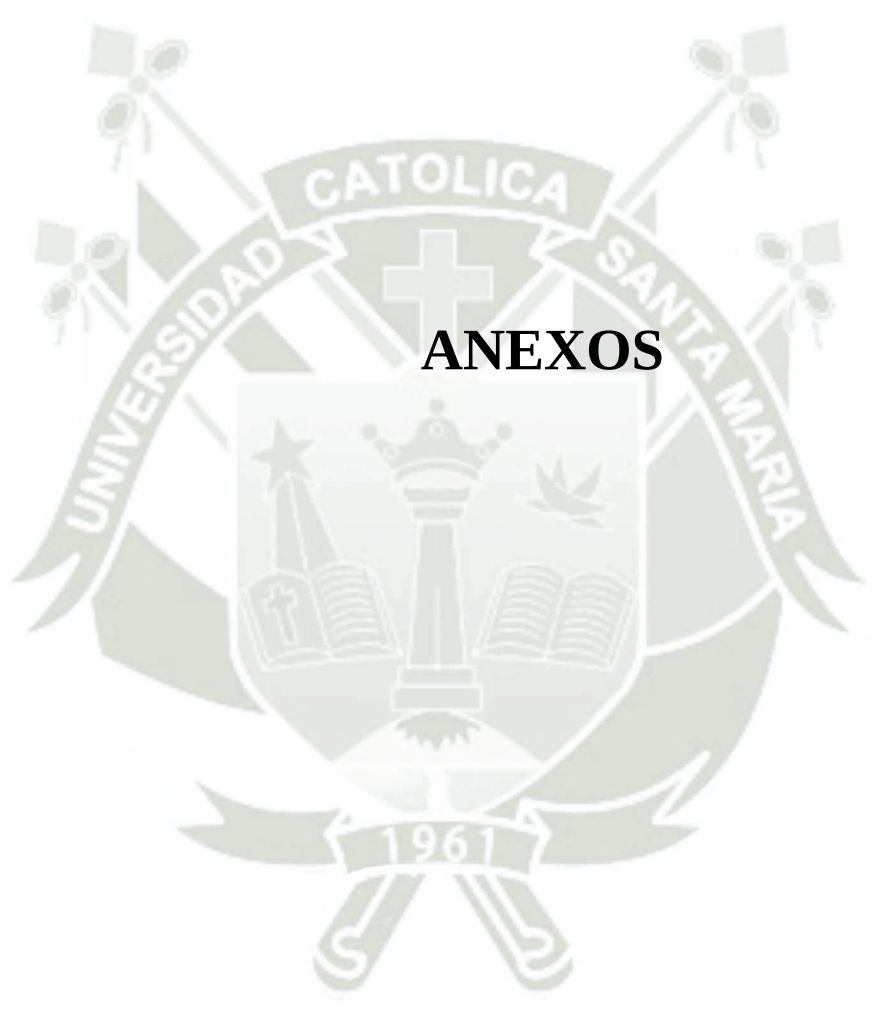
53. Esin Akyüz, Sercan Türkoğlu, Kevser Sözgen, Esma Tütem, Mustafa Reşat. Comparison of antioxidant capacities and antioxidant components of commercial bitter melon (*Momordica charantia* L.) products. Turkish Journal of Chemistry (Turkey)[online]. February 2019 [cited Jun 6, 2024]: 44; 1663-1673 Available in: <https://journals.tubitak.gov.tr/chem/vol44/iss6/19/>

54. Kolayli, S. Kara, M.; Tezcan, F.; Erim, F.B.; Sahin, H.; Ulusoy, E.; Aliyazicioglu, R. Comparative study of chemical and biochemical properties of different melon cultivars: Standard, hybrid, and grafted melons. *J. Agric. Food Chem* [online]. 2010 [cited Jun 6, 2024]: 58, 9764–9769. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20715772/>

55. Perry P.L., Wang Y., Lin, J.. Analysis of honeydew melon (*Cucumis melo* var. *inodorus*) flavour and GC–MS/MS identification of (E,Z)-2,6-nonadienyl acetate. *Flavour. Frag* [online]. 2009 [cited Jun 6, 2024]: 24, 341–347. Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ffj.1947>

56. Alam Zeb. Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Melon (*Cucumis Melo* L.) Seeds from Pakistan. *Foods* [online]. 2016 [cited Jun 6, 2024] ; 5(4); 67 Available in: <https://www.mdpi.com/2304-8158/5/4/67>

57. Yunping Yao, Wentao Liu, Hang Zhou, Di Zhang, Ruiting Li1, Changmo Li1, and Shuo Wang. The Relations between Minor Components and Antioxidant Capacity of Five Fruits and Vegetables Seed Oils in China. *Journal of Oleo science* [online]. 2019 [cited Jun 6, 2024]; 68(7): 635-625. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31178462/>



ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1.

- Procedimiento experimental para la obtención de extractos

Sonicación de muestras



Centrifugación de muestras

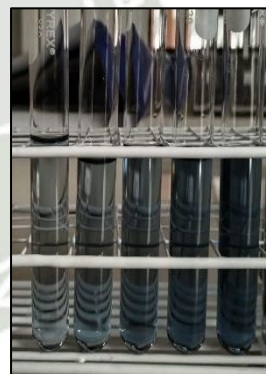


- Procedimiento experimental para la determinación de polifenoles totales

Preparación de Soluciones para método Folin-Ciocalteu



Soluciones estándar de ácido gálico



Muestras metanólicas para método Folin-Ciocalteu



- **Procedimiento experimental para la determinación de la capacidad antioxidante por el método CUPRAC**

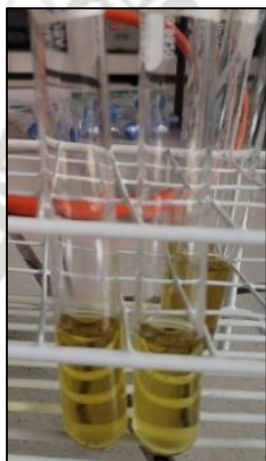
**Preparación de Soluciones para
método CUPRAC**



Soluciones estándar de ácido ascórbico



**Muestras metanólicas para método
CUPRAC**



- **Procedimiento experimental para la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH**

Soluciones para aplicar método DPPH



Preparación de Patrones de Trolox



Soluciones estándar de Trolox



Muestras metanólicas para método

DPPH



Anexo 2. Datos obtenidos en los experimentos

Datos obtenidos en las pruebas de Folin - Ciocalteu

N° de estándar	Concn. (ppm) Ac. Gálico	Absorbancias a 765 nm		
		1	2	3
1	10	0.111	0.100	0.100
2	20	0.271	0.223	0.211
3	30	0.342	0.330	0.336
4	40	0.492	0.456	0.456
5	50	0.574	0.548	0.544

MUESTRAS	1		2		3	
	A	Concn. mg GA	A	Concn. mg GA	A	Concn. mg GA
Melón Honeydew	0.365	33.141	0.476	42.829	0.512	43.448
Melón Cantalupo	0.339	30.877	0.429	36.191	0.437	39.354

Datos obtenidos en las pruebas CUPRAC

N° de estándar	CC (uM) Ac. Asc.	Absorbancias a 450 nm		
		1	2	3
1	10	0.381	0.383	0.386
2	20	0.621	0.551	0.612
3	40	0.871	1.242	1.207
4	60	1.135	1.663	1.676
5	80	1.520	2.206	2.235

MUESTRAS	1		2		3	
	A	Concn. μ M	A	Concn. μ M	A	Concn. μ M
Melón Honeydew	0.803	34.24	0.827	27.579	0.846	27.749
Melón Cantalupo	0.611	24.054	0.616	19.622	0.631	19.647

Datos obtenidos en las pruebas DPPH

N° de estándar	Concn. Trolox (µM)	Absorbancias a 517 nm		
		1	2	3
1	100	0.648	0.741	0.740
2	200	0.601	0.679	0.689
3	400	0.552	0.580	0.591
4	500	0.518	0.545	0.550
5	600	0.463	0.534	0.515
BLANCO	-	0.890	0.886	0.892

MUESTRAS	1		2		3	
	A	Concn µM	A	Concn µM	A	Concn µM
Melón Honeydew	0,508	501,537	0,502	624,7	0,497	647,572
Melón Cantalupo	0,559	351,31	0,557	486,572	0,556	510,94