

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



Caracterización fitoquímica de semillas de melón, cosechados en el Ejido San Juan de Villanueva, Viesca, Coahuila

Por:

Carlos Rafael Cerra Mata

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Caracterización fitoquímica de semillas de melón, cosechados en el Ejido San Juan de Villanueva, Viesca, Coahuila

Por:

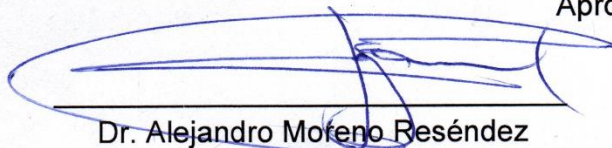
Carlos Rafael Cerra Mata

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

Aprobado por:



Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Presidente



Dra. Adlay Reyes Bentazos
Vocal



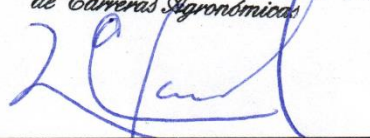
Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Vocal



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas



Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Vocal suplente



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Caracterización fitoquímica de semillas de melón, cosechados en el Ejido San Juan de Villanueva, Viesca, Coahuila

Por:

Carlos Rafael Cerra Mata

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

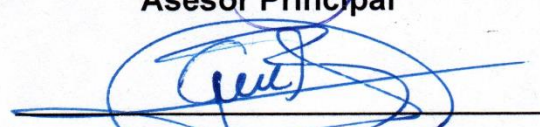
INGENIERO EN AGROECOLOGIA

Aprobado por el Comité de Asesoría:

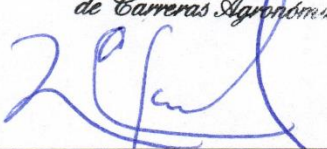

Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Asesor Principal




Dra. Adlay Reyes Bentazos
Coasesor


Dr. Gerardo Zapata Sifuentes
Coasesor


Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Coasesor


MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor principal, el **Dr. Alejandro Moreno Reséndez**. Su ayuda, disponibilidad y paciencia desde la obtención de las muestras, hasta el soporte y consejos en la redacción fueron imprescindibles para la elaboración de esta tesis.

De igual manera extiendo mi agradecimiento al **Ing. Jesús Omar Díaz Rivas**, quien nos apoyó en el laboratorio IITTZA en Parras Coahuila para obtener los resultados necesarios.

Asimismo, agradezco a mis coasesores, la **Dra. Adlay Reyes Bentazos**, El **Dr. Gerardo Zapata Sifuentes** y la **Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez**, quienes me brindaron su tiempo y apoyo para la redacción de la presente investigación.

A mi **alma mater**, por brindarme un espacio en donde pude adquirir conocimientos, buenas amistades y recuerdos que permanecerán para siempre en mi memoria.

DEDICATORIAS

Agradezco a mis padres **Jesús Fernando Cerra Luna** y **Tomasa Mata Ramírez**, quienes han sido las personas que siempre me han apoyado en mis decisiones, quienes me han animado y aconsejado en todo momento, sin su sabiduría y cariño no estaría en donde estoy ahora, mis logros también son sus logros.

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue realizar la caracterización fitoquímica de las semillas de tres variedades comerciales de melón, sembrados por los productores del Ejido San Juan de Villanueva, en Viesca, Coahuila, y determinar si este subproducto contiene compuestos bioactivos que pudieran generar beneficios adicionales a los agricultores. Las muestras, fueron recolectadas en parcelas con un manejo agrícola convencional de la zona. Se determinó el contenido total de polifenoles mediante el método de Folin-Ciocalteu, el contenido total de flavonoides por el método colorimétrico y la actividad antioxidante mediante la inhibición del radical libre DPPH. Los resultados se caracterizaron por ser altamente significativas desde el punto de vista estadístico. En los contenidos totales de polifenoles, la variedad Pitayo demostró ser la más sobresaliente con un valor de $1.477 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$. Con respecto a los contenidos totales de flavonoides sobresalió la variedad Alaniz Gold con un valor de $0.510 \text{ mg QE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$. En cuanto a la actividad antioxidante, la variedad Pitayo fue la que más destacó con un 4.96 % de inhibición y se observa una correlación directa entre los compuestos fenólicos y la Actividad Antioxidante. Se concluye que las semillas de melón de las tres variedades comerciales de melón evaluadas contienen compuestos bioactivos, los cuales, desde el punto de vista de la economía circular, le pueden otorgar un valor agregado, en lugar de que se desperdicien como residuos contaminantes.

Palabras clave: *Actividad antioxidante, Cucumis melo, Compuestos bioactivos, Polifenoles, Residuos subproductos*

ABSTRACT

The purpose of this study was to carry out the phytochemical characterization of seeds from three commercial melon varieties cultivated by producers in the Ejido San Juan de Villanueva, Viesca, Coahuila, and to determine whether this by-product contains bioactive compounds that could provide additional benefits to farmers. Samples were collected from fields managed under conventional agricultural practices typical of the region. Total polyphenol content was determined using the Folin–Ciocalteu method, total flavonoid content was measured by a colorimetric method, and antioxidant activity was evaluated through the inhibition of the DPPH free radical. The results showed highly significant statistical differences among the evaluated varieties. Regarding total polyphenol content, the Pitayo variety exhibited the highest value, reaching 1.477 mg GAE g⁻¹ FW. For total flavonoid content, the Alaniz Gold variety presented the highest concentration, with a value of 0.510 mg QE g⁻¹ FW. In terms of antioxidant activity, the Pitayo variety showed the highest inhibition percentage (4.96%), and a direct correlation was observed between phenolic compounds and antioxidant activity. It was concluded that the seeds of the three commercial melon varieties evaluated contain bioactive compounds. From the perspective of the circular economy, these compounds may provide added value to this agricultural by-product, preventing its disposal as contaminating waste and promoting its potential use in value-added applications.

Keywords: Antioxidant activity, Bioactive compounds, *Cucumis melo*, Polyphenols, By-product residues

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general:	2
1.2 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Descripción del cultivo	3
2.2 Importancia económica	3
2.3 Problemática de producción actual en la Comarca Lagunera	4
2.4 Metabolitos secundarios	5
2.5 Polifenoles	5
2.6 Flavonoides	6
2.7 Actividad antioxidante	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Ubicación de las unidades de producción.....	8
3.2 Cosecha y manejo del fruto	9
3.3 Preparación de la muestra	10
3.4 Extracción por maceración	10
3.5 Determinación del contenido total de Fenoles (CTP)	11
3.6 Determinación del contenido total de flavonoides (CTF)	12
3.7 Determinación de la actividad antioxidante.....	13
IV. RESULTADOS	15
4.1 Contenido total de polifenoles (CTP)	15
4.2 Contenido total de flavonoides (CTF)	16
4.3 Actividad antioxidante (AA)	17
V. DISCUSIÓN	19

5.1 Contenido total de polifenoles (CTP)	19
5.2 Contenido total de flavonoides (CTF)	20
5.3 Actividad Antioxidante (AA)	21
VI. CONCLUSIONES	23
LITERATURA CITADA.....	24

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de información geográfica del municipio de Viesca, Coahuila. Fuente: Inegi, 2020.	8
Figura 2. Procesamiento y manejo de las muestras de fruto de melón: a) selección de las muestras completamente al azar; b) recolección de las muestras; c) separación manual de las semillas. Fuente: Imágenes propias.	10
Figura 3. Adición del reactivo Folin-Ciocalteu a las muestras.	11
Figura 4. Medición de absorbancia de las muestras a 510 nm.	13
Figura 5. Reacción de la solución DDPH en las muestras.	14
Figura 6. Valores promedio y significancia estadística del Contenido Total de Polifenoles (CTP) en semillas de diferentes tratamientos de melón.	16
Figura 7. Valores promedio y significancia estadística del Contenido Total de Flavonoides (CTF) en semillas de diferentes tratamientos de melón.	17
Figura 8. Valores promedio y significancia estadística de la Actividad Antioxidante (AA) determinada por el porcentaje de inhibición en semillas de diferentes tratamientos de melón.	18

I. INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo* L.) es un producto hortícola muy solicitado en México, con un consumo que puede superar los 3.7 kilogramos por año por persona, lo que lo convierte en una fruta de gran relevancia económica para esta nación (SADER, 2024). La Comarca Lagunera es una de las áreas agrícolas que sobresale en la producción de este cultivo, conformada por varios municipios de las entidades federativas de Durango y Coahuila, con una extensión cultivada de melón de 4,129 hectáreas, con un rendimiento aproximado de 147,835 toneladas, lo que representa un valor económico cercano a los \$982,712,579 mdp (INIFAP, 2023). Para la economía de las familias del Ejido San Juan de Villanueva, en Viesca, Coahuila, es esencial el comercio de esta fruta.

A pesar de la relevancia económica que tiene el fruto, aún existen partes que no son aprovechadas, tal es el caso de las semillas, las cuales son vistas como desecho o residuo agroindustrial, desconociendo su valor potencial. Como lo señala Ramírez-Ramos *et al.* (2015), en México aún existe un vacío de información sobre la calidad nutracéutica de los residuos generados por diversas especies vegetales, por lo que los estudios enfocados en estos residuos son de gran relevancia.

Desde el punto de vista fitoquímico, las semillas constituyen una fuente de metabolitos secundarios, que son sustancias orgánicas sintetizadas por las plantas (Torres, 2019).

Dentro de la gran variedad de metabolitos secundarios destacan los compuestos fenólicos, los cuales han tomado relevancia en la salud humana debido a su capacidad antioxidante, con la cual es posible contrarrestar el efecto de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Creus, 2004). En diversos estudios se han evaluado y correlacionado los compuestos polifenólicos con la capacidad antioxidante

de frutas y verduras, por lo tanto, a la hora de realizar investigaciones sobre las especies vegetales de donde se obtienen éstos, se debe considerar tanto la variedad y las características de las regiones (Ramón y Gil-Garzón, 2021), y de igual manera la variedad del fruto de interés, pues la calidad y cantidad de los compuestos fenólicos depende de estas variables (Creus, 2004). Por lo anterior, en el presente estudio se planteó el siguiente:

1.1 Objetivo general:

Determinar los contenidos totales de fenoles y flavonoides, así como la actividad antioxidante en semillas de melón comerciales, sembradas por dos agricultores del ejido San Juan de Villanueva, Viesca, Coahuila.

1.2 Hipótesis

El contenido de los compuestos bioactivos y su actividad antioxidante en semillas de melón comerciales, generados en las unidades de producción de dos productores agrícolas, variará en función de las variedades utilizadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción del cultivo

Dentro de la familia de las cucurbitáceas se encuentra el melón, un cultivo anual que presenta largas enredaderas rastreras y tallos redondos. Posee flores de color amarillo y su sexo puede variar entre monoicas y andromonoicas; mientras que las flores masculinas se generan en racimos axilares en el tallo principal, las flores femeninas se presentan en el primer nudo de las ramas laterales. Hablando de los frutos, éstos pueden variar en tamaño, forma, características de la cáscara y color de la pulpa según la variedad. Sus semillas miden aproximadamente 10 mm de largo, tienen una forma ovalada y presentan un color crema. Entre las distintas variedades botánicas que existen de este cultivo destacan solo tres variedades: *Inodorus*, *Reticulatus*, y *Cantalupensis* (Saltveit, 2011). Siendo esta última la variedad evaluada en el presente estudio.

2.2 Importancia económica

Uno de los frutos más queridos por sus propiedades sensoriales, tanto por su delicioso sabor como por su aroma único es el melón. Estas propiedades lo han hecho destacar entre los consumidores y por ende se ha vuelto un producto con gran demanda a nivel mundial (Reyes-Avalos *et al.*, 2017), produciéndose en más de 100 países alrededor de 28,244,728.43 toneladas, siendo el primer productor mundial China generando 46.8 % de toda la producción. En duodécimo lugar se encuentra México, aportando el 2.0 % de la producción mundial (FAOSTAT, 2024). Estos datos indican que esta fruta tiene un gran peso macroeconómico en las cadenas globales de suministro.

Más allá del valor monetario que se genera de la cosecha directa, la relevancia económica del melón es el impacto que tiene en el área socioeconómica en las zonas rurales. En el caso de la Comarca Lagunera la cantidad de empleos generados por este cultivo es muy alto, por cada hectárea se pueden llegar a producir más de 120 salarios desde la siembra hasta la cosecha; además de crear una gran cantidad de trabajos indirectos debido a que surgen tareas post-cosecha como el acarreo del producto, la limpieza de las áreas de cultivo, la clasificación de los melones, el empaquetado y transportación para su posterior comercialización en los distintos puntos de venta (Espinoza-Arellano *et al.*, 2017).

2.3 Problemática de producción actual en la Comarca Lagunera

En la industria alimenticia la única parte que se utiliza es la pulpa de melón, la cual recibe un procesamiento dando como resultado varios productos atractivos para el consumidor; algunos de estos son jugos, mermeladas, pulpa deshidratada, entre otros (Gómez-García *et al.*, 2020). Adicionalmente, se generan subproductos que son considerados como residuo agroindustrial y son desechados generalmente en los vertederos, lo que desencadena en una serie de problemas ambientales, económicos y de seguridad alimentaria, afectando en mayor medida a las comunidades más vulnerables (Salazar-López *et al.*, 2023).

Este problema cobra relevancia en la Comarca Lagunera, siendo una de las zonas productoras más importantes de México, aportando aproximadamente el 28 % de la producción total (SIAP, 2024), ignorándose el valor fitoquímico que pueden tener los subproductos agroindustriales, como es el caso de las semillas. Algunos estudios, como

el desarrollado por Mallek-Ayadi *et al.* (2018) han encontrado cantidades de compuestos fenólicos considerables como fenoles y flavonoides, los cuales pueden ser utilizados en la industria como antioxidantes naturales.

2.4 Metabolitos secundarios

Torres (2019) menciona que los metabolitos secundarios son aquellas sustancias orgánicas que sintetizan las plantas y que juegan un papel indirecto en su crecimiento o reproducción. Estos metabolitos cumplen con varias funciones: Proteger a la planta ante factores de estrés, como lo es el ambiente, depredadores y enfermedades (Lustre, 2022); Atraer insectos polinizadores y dispersores de semillas que son de vital importancia para su reproducción; y como vía de comunicación para alertar a las plantas cercanas sobre presencia de plagas (Mier, 2025). Se han encontrado más de 20,000 tipos de metabolitos secundarios (Camacho-Escobar *et al.*, 2020), y estos se encuentran clasificados en cuatro grupos: terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides (Ávalos-García y Pérez-Urria, 2009).

2.5 Polifenoles

Los polifenoles, también llamados compuestos fenólicos, es un amplio grupo de metabolitos secundarios con diferentes estructuras químicas y actividad, llegando a haber más de 8,000 compuestos (Santamaría *et al.*, 2018). Como lo menciona Creus (2004), estos compuestos tienen su origen en el reino vegetal, sin embargo, se pueden encontrar también en animales que incluyen plantas en su dieta. Las funciones principales de los polifenoles son promover el crecimiento, ayudar en la reproducción, y

proteger a la planta ante factores de estrés bióticos como virus, hongos, bacterias, nematodos, protozoarios y herbívoros) y abióticos como radiación ultravioleta (Vargas y Petricevich, 2018). También son responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos, por ejemplo: la betanidina y la isobetanidina son las responsables de otorgar el color rojo a los betabeles; las chalconas le brindan a las flores y frutas un color amarillo; las antocianinas proporcionan en frutas, flores y en otras partes de las plantas colores rojo, naranja, azul, violeta, morado etc. (Peñarrieta *et al.*, 2014).

2.6 Flavonoides

Según Ochoa y Ayala (2004) los flavonoides son “compuestos fenólicos con una alta capacidad antioxidante que están presentes en la mayoría de las plantas, especialmente en frutas y hortalizas”. Existen aproximadamente 5,000 flavonoides, su función principal es ayudar a las plantas a evitar la oxidación por factores como la contaminación ambiental, rayos ultravioletas, entre otras (Martínez-Flórez, 2002); otra de las funciones que tiene es otorgar tonalidades más intensas o más oscuras, tanto en hojas y flores, como en frutos y tubérculos, entre algunos compuestos que otorgan esta propiedad están las chalconas, isoflavonas, flavonoles y antocianinas (Hernández-Guiance *et al.*, 2019).

2.7 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante, o capacidad antioxidante, es una cualidad que tienen algunos compuestos químicos que se encuentran mayormente en los vegetales (como el caso de polifenoles), los cuales tienen como función neutralizar los radicales libres que existen

en el cuerpo; éstos son moléculas inestables que también se generan como un producto secundario del metabolismo o por factores externos como la contaminación ambiental, los rayos solares, los metales pesados, entre otros (Prior *et al.*, 2005). Los antioxidantes juegan un papel fundamental en el cuerpo humano: ayudan a prevenir enfermedades crónicas que evitan el daño oxidativo a nivel celular. También protegen estructuras a nivel celular, como el ADN, así como las membranas celulares lo que evita enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes tipo II (Fang *et al.*, 2002). De acuerdo con Prior *et al.* (2005) existen algunos estudios en los cuales se ha determinado que, dietas altas en polifenoles, carotenoides y flavonoides pueden reducir depósitos de glicación avanzada, los cuales están asociados con patologías crónicas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de las unidades de producción

Las unidades de producción de las cuales se obtuvieron las muestras se ubican en San Juan de Villanueva, Viesca, Coah. en las coordenadas 25° 32' 41.4" N y 103° 04' 54.3" O, los productores de esta zona, en su gran mayoría, se dedican a la siembra de melón. En el ciclo primavera-verano del año 2025, se solicitó a dos productores de la región autorización para obtener 10 muestras de frutos seleccionados al azar, al momento de que se cosechó el cultivo de manera manual (Villaseñor-Perea *et al.*, 2006). El productor Samuel (S) sembró las variedades T-Rex (Syngenta®) y Alaniz Gold (SAKATA®), mientras que el agricultor Nery (N) la variedad Pitayo (Harris Moran®), todas de tipo Cantaloupe.



Figura 1. Mapa de información geográfica del municipio de Viesca, Coahuila. Fuente: Inegi, 2020.

3.2 Cosecha y manejo del fruto

Conforme los frutos fueron cosechados, se etiquetó cada muestra, incluyendo la letra P, para la parcela, la letra inicial del nombre de cada productor (S y N), las iniciales de las variedades [V, T-Rex (TR), Alaniz Gold (AG) y Pitayo (P)] y el número consecutivo (1 a 10 asignado a cada fruto). Posterior a ello, se colocaron en hieleras portátiles para conservar frescos los frutos, se trasladaron al Laboratorio de Suelos (figura 2), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En dicha área se separaron las semillas de cada fruto, se colocaron en bolsas de plástico, con su etiqueta correspondiente, y se conservaron a -4 °C, hasta el desarrollo de los análisis químicos.



Figura 2. Procesamiento y manejo de las muestras de fruto de melón: a) selección de las muestras completamente al azar; b) recolección de las muestras; c) separación manual de las semillas. Fuente: Imágenes propias.

3.3 Preparación de la muestra

Las semillas fueron lavadas con agua destilada para eliminar los restos de pulpa. Después se secaron a temperatura ambiente, y, por último, se molieron 3 g de cada muestra en un mortero de porcelana (130 mL) con ayuda de un pistilo, obteniendo así una pasta homogénea.

3.4 Extracción por maceración

Para la extracción de los compuestos fitoquímicos se utilizó el método de maceración. Para ello, en un tubo de ensayo de vidrio (10 mL) se agregaron 3 g de la muestra previamente molida y se adicionaron 3 mL de metanol (Golden Bell®) concentrado. Posteriormente, para homogeneizar las muestras se colocaron los tubos de ensayo, con tapón de rosca, en un agitador Heber-Bach®, durante 24 h, en movimiento constante. Concluido el tiempo, las muestras dentro de los tubos se centrifugaron durante cinco minutos a 4,500 rpm, posteriormente se separó el sobrenadante de cada una de las muestras, en nuevos tubos con tapón de rosca y se etiquetaron con los datos mencionados anteriormente. Las muestras fueron resguardadas en el refrigerador a 4 °C hasta la ejecución de los análisis correspondientes. Para los análisis fitoquímicos (Fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante) se contó con el apoyo del personal del Instituto de Investigación y Transferencia de Tecnología para Zonas Áridas

(IITTZA), de la UAAAN, ubicado en Parras de la Fuente, Coahuila, aplicando los protocolos correspondientes.

3.5 Determinación del contenido total de Fenoles (CTP)

Para determinar el contenido de fenoles totales en las semillas de melón se aplicó la metodología de Nossa-González *et al.* (2016). Para ello, en tubos Eppendorf de 2 mL se adicionaron 250 μ L del extracto de la muestra, 800 μ L de agua destilada y 50 μ L del reactivo de Folin-Ciocalteu (figura 3). La mezcla se homogeneizó utilizando un vortex y se dejó reposar durante 5 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se agregaron 800 μ L de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 7.5 %, y las muestras se incubaron durante 30 minutos en condiciones de oscuridad, cubriéndose con papel aluminio. Transcurrida la incubación, la absorbancia de las muestras se determinó en un espectrofotómetro UV Genesys 10 UV (Thermoelectron®) a una longitud de onda (λ) de 750 nm. Adicionalmente, se utilizó una curva de calibración con ácido gálico como estándar, y los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco ($\text{mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$).



Figura 3. Adición del reactivo Folin-Ciocalteu a las muestras.

3.6 Determinación del contenido total de flavonoides (CTF)

Para el contenido de flavonoides totales se empleó el método de Zhishen *et al.* (1999).

Se prepararon los reactivos con las siguientes soluciones: solución de nitrito de sodio (NaNO_2) al 1 % (1500 mg en 150 mL de agua destilada); solución de cloruro de aluminio (AlCl_3) al 2 % (3000 mg en 150 mL de agua destilada); y solución de hidróxido de sodio (NaOH) (3000 mg en 75 mL de agua destilada).

Como estándar se utilizó quercetina, preparando una solución madre de 2 mg en 2 mL de metanol, a partir de la cual se realizaron diluciones para la curva de calibración. Para el procedimiento se utilizaron tubos de ensayo, donde se mezclaron 500 μL del extracto de la muestra con 2 mL de agua destilada. Posteriormente, se adicionaron 150 μL de la solución de NaNO_2 y se dejó reposar durante 5 minutos.

Después, se agregaron 150 μL de la solución de AlCl_3 y la mezcla se dejó reaccionar durante 6 minutos. Finalmente, se añadió 1 mL de la solución de NaOH , se homogenizó la mezcla y se completó el volumen final con agua destilada hasta 5 mL. La absorbancia se determinó en un espectrofotómetro UV Genesys 10 UV, a una longitud de onda de 510 nm (figura 4).



Figura 4. Medición de absorbancia de las muestras a 510 nm.

3.7 Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante, o capacidad antioxidante, se evaluó mediante el método del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) acorde al método de Singh *et al.* (2016). Se preparó una solución de DPPH disolviendo 23.4 mg del radical en 600 mL de metanol, obteniendo una solución de trabajo homogénea, la cual se mantuvo en condiciones de oscuridad para evitar su degradación. En tubos de ensayo se mezclaron 100 μ L del extracto de la muestra con 2.9 mL de la solución de DPPH (figura 5). La mezcla se homogenizó y se incubó durante 30 minutos en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV Genesys 10 UV (Thermoelectron®). a una longitud de onda de 517 nm. El control se preparó utilizando 2.9 mL de la solución de DPPH y 100 μ L de metanol en lugar de muestra. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición del radical DPPH, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Inhibición (\%)} = \frac{A_{\text{inicial}} - A_{\text{final}}}{A_{\text{inicial}}} \times 100$$

Donde:

- A inicial= Absorbancia del DDPH sin muestra
- A final= Absorbancia del DDPH con muestra

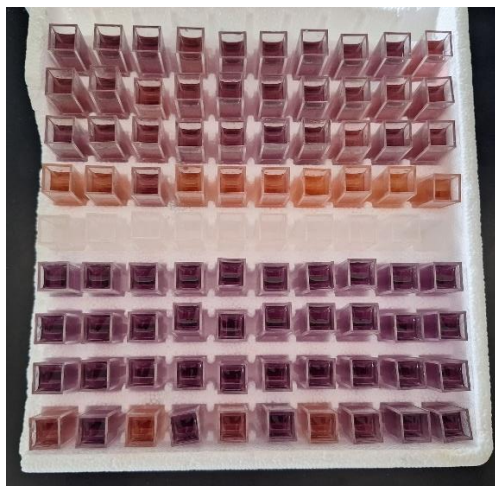


Figura 5. Reacción de la solución DDPH en las muestras.

3.8 Análisis estadístico

Cada variedad fue considerada como tratamiento, con 10 frutos como repeticiones, empleando un diseño completamente al azar. Para los datos registrados de las variables en estudio, se realizaron análisis de varianza de una vía, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, con $p \leq 0.05$ como significancia.

IV. RESULTADOS

Tanto los datos de CTP y AA cumplieron con los supuestos de varianza y normalidad. Sin embargo, los datos de CTF no cumplieron con los supuestos antes mencionados, por lo que se realizó su transformación mediante un análisis no paramétrico, utilizando la prueba Kruskal-Wallis. Las medias presentadas de CTF corresponden a los datos originales, de tal forma que se puedan apreciar las diferencias estadísticas de la prueba de Tukey0.05 ($p \leq 0.05$).

4.1 Contenido total de polifenoles (CTP)

En el cuadro 1 se presentan las diferencias altamente significativas (**) entre los tratamientos evaluados para las tres variables fitoquímicas de las semillas del melón. En el caso del CTP el tratamiento que más destacó fue NPP1 (Variedad Pitayo) con un valor de 1.477 mg GAE•g⁻¹ PF, compartiendo un rango similar con los tratamientos SAGP3 y SAGP4 (Variedad Alaniz Gold). Caso contrario, los tratamientos STRP1 y STRP2 (Variedad T-Rex) presentaron los valores más bajos, siendo STRP1 quien obtuvo un valor de 0.783 mg GAE•g⁻¹ PF (figura 6).

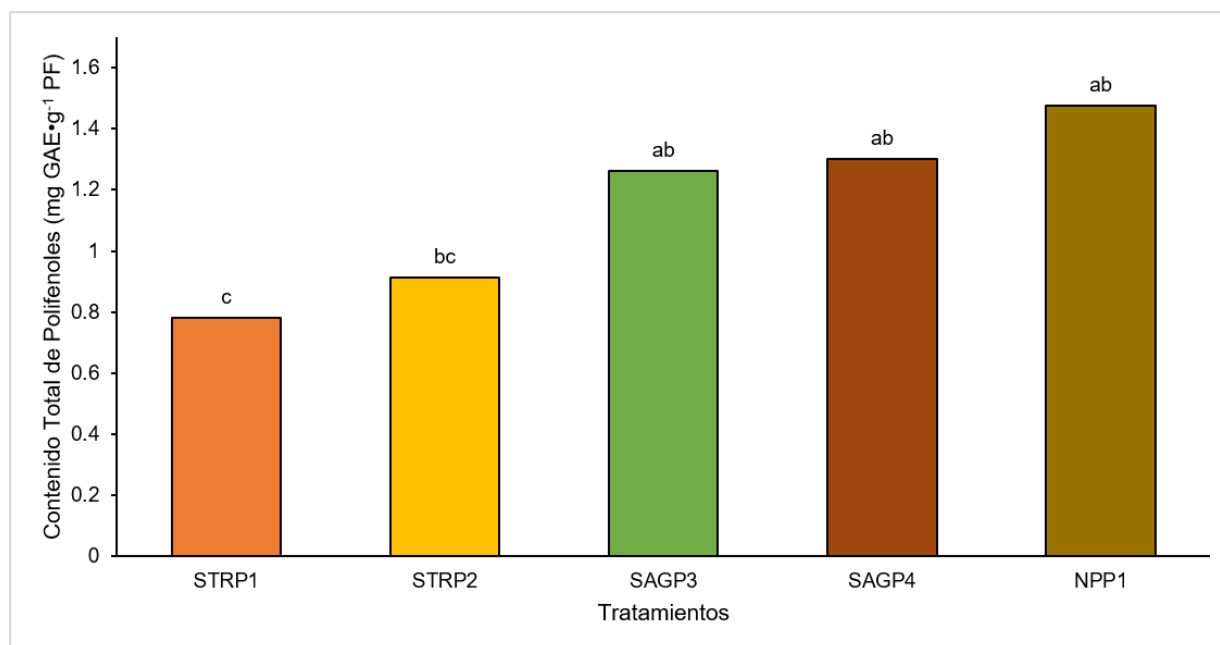


Figura 6. Valores promedio y significancia estadística del Contenido Total de Polifenoles (CTP) en semillas de diferentes tratamientos de melón.

4.2 Contenido total de flavonoides (CTF)

En el contenido total de flavonoides la variedad que más sobresalió fue SAGP3 (variedad Alaniz Gold) en el cual se obtuvo 0.510 mg QE·g⁻¹ PF, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos evaluados. Las demás muestras (STRP1, STRP2, SAGP4 y NPP1) mantuvieron un rango inferior similar que fue desde los 0.289 hasta los 0.382 mg QE·g⁻¹ PF (figura 7).

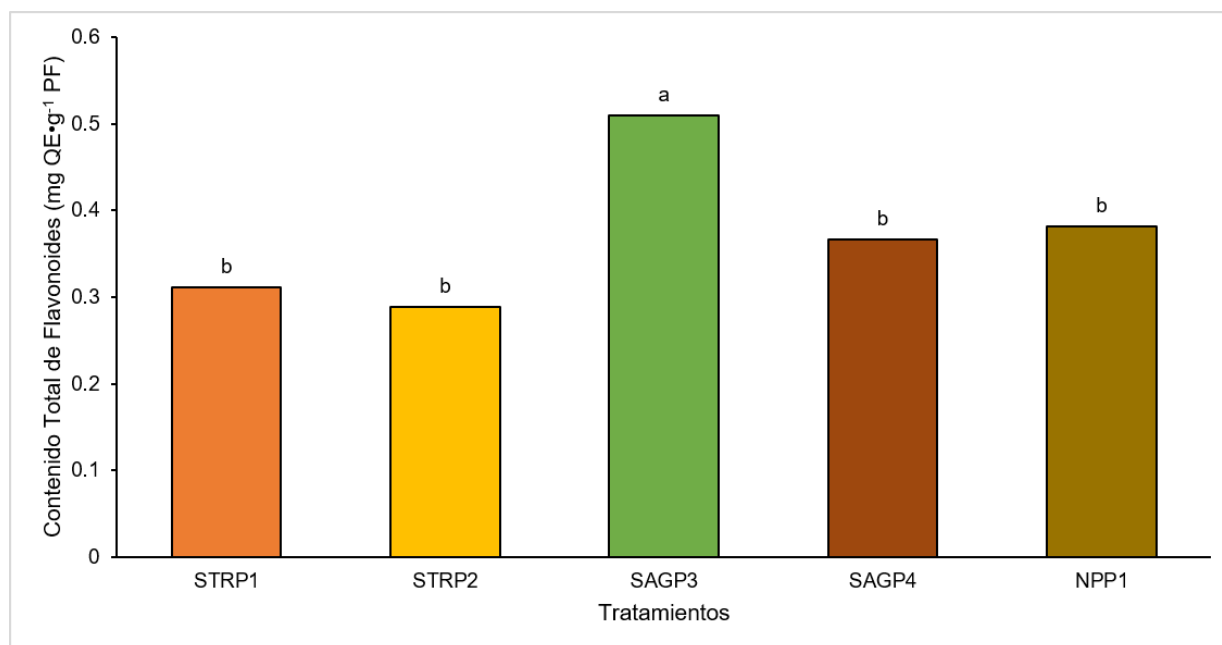


Figura 7. Valores promedio y significancia estadística del Contenido Total de Flavonoides (CTF) en semillas de diferentes tratamientos de melón.

4.3 Actividad antioxidante (AA)

En cuanto a la actividad antioxidante, se observó que hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.001$). El tratamiento que más destacó fue NPP1 (variedad Pitayo) teniendo un porcentaje de inhibición de 4.96 %; seguido de SAGP4 (variedad Alaniz Gold) con 2.27 %, quien superó a su contraparte de la misma variedad en distinta parcela (SAGP3) con 1.26 %, y a las demás parcelas con las semillas de la variedad T-rex que obtuvieron los valores más bajos, 0.95 y 0.73 % para STRP2 y STRP1, respectivamente.

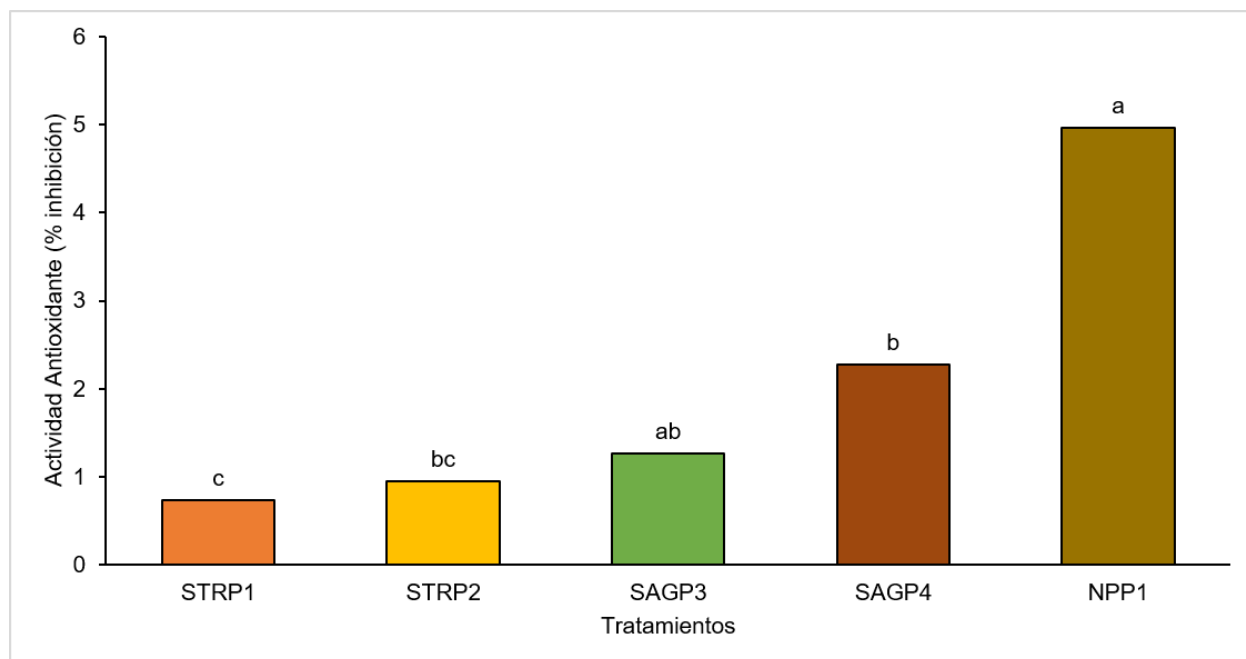


Figura 8. Valores promedio y significancia estadística de la Actividad Antioxidante (AA) determinada por el porcentaje de inhibición en semillas de diferentes tratamientos de melón.

V. DISCUSIÓN

5.1 Contenido total de polifenoles (CTP)

Los resultados obtenidos reflejaron una variación marcada en la acumulación de CTP entre los tratamientos evaluados, sobresaliendo el tratamiento NPP1 (variedad Pitayo) con un promedio de $1.477 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$ (Figura 6). Este resultado fue ligeramente inferior comparado con el estudio realizado por Vella y Laratta (2019) en tres variedades Prescott de melón tipo Cantaloupe, quienes reportaron un valor $1.5 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$. Por el contrario, al contrastar con las investigaciones de Ismail *et al.* (2010) realizadas en melones de la variedad Cantaloupe cultivados en Malasia, el contenido fitoquímico del presente estudio fue notablemente rebasado por el valor de $2.85 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$, una concentración prácticamente dos veces mayor a la documentada en la Comarca Lagunera.

Las diferencias halladas entre los distintos autores pueden estar ligadas a factores genéticos de cada variedad, así como a las interacciones agroecológicas del entorno. La marcada superioridad en este tratamiento sugiere que la síntesis de metabolitos secundarios en las semillas está determinada en gran medida por las características genotípicas de cada variedad. Algunos autores como Ramón y Gil-Garzón (2021) apuntan a que pueden existir variaciones significativas en el contenido de compuestos fenólicos entre variedades de la misma especie. Por ello, la variedad comercial Pitayo fue quien demostró poseer un alto potencial fitoquímico bajo las condiciones de producción que existen en la Comarca Lagunera, esto concuerda con lo que señala Ramírez-Ramos *et al.* (2015) sobre la variabilidad en la calidad nutracéutica de los recursos vegetales según el genotipo y su respuesta al ecosistema productivo.

5.2 Contenido total de flavonoides (CTF)

Los valores obtenidos de flavonoides, menores a $1 \text{ mg QE} \cdot \text{g}^{-1}$ (figura 7), resultaron similares a los valores reportados por investigadores de la comarca Lagunera en un estudio sobre subproductos de cucurbitáceas, los valores de CTF reportados fueron de $0.0 \text{ mg QE} \cdot \text{g}^{-1}$ (Ramírez-Aragón *et al.*, 2024). Estos autores concuerdan con lo que menciona Bouaziz *et al.* (2020), quienes mencionan que, al realizar las extracciones fitoquímicas en semillas de melón, por el método de maceración, los valores de flavonoides se encuentran por debajo de $1 \text{ mg QE} \cdot \text{g}^{-1}$ PF. Lo cual concuerda con los valores obtenidos en la presente investigación, ya que se encuentran dentro del rango biológico y metodológico esperado para la especie en fresco.

Las causas por las cuales los niveles de CTF fueron pequeños pueden deberse tanto a factores biológicos de la planta y factores ambientales de la zona, así como al método de extracción utilizado en el laboratorio. Por un lado, se destaca que, los flavonoides son solo una parte de la gama de compuestos fenólicos, que produce la planta a manera de defensa ante situaciones de estrés tanto bióticos (plagas o enfermedades, manejo inadecuado por trabajadores o productores) como abióticos (carencia de nutrientes en el suelo, falta de agua en las parcelas) (Lustre-Sánchez, 2022). La literatura científica respalda que la síntesis de estos metabolitos secundarios específicos está estrechamente ligada a las condiciones de adaptación del cultivo en el campo (Mier, 2025). Por otro lado, el método de maceración con metanol suele ser altamente selectivo, lo que puede provocar que ciertas fracciones de flavonoides queden retenidas en la matriz compleja de la semilla.

Además, la manera de triturar las semillas es un punto importante, debido a que de esto depende que tanto se puede extraer del material. Mientras más fina sea la pasta, habrá una mejor extracción de los compuestos de interés. Al moler las muestras mediante un mortero y pistilo, la testa de la semilla (que es sumamente rígida) no se tritura completamente, generando una pasta heterogénea que limita una extracción totalmente apropiada de dichos compuestos bioactivos (Torres, 2019).

5.3 Actividad Antioxidante (AA)

Los resultados obtenidos indican que la variedad pitayo (NPP1) fue la que tuvo una mayor actividad antioxidante, con un promedio de 4.96 % de inhibición (figura 8). Ésta marcada superioridad tiene una relación directa con su alto CTP ($1.477 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ PF}$). Sobre esta particularidad presentada, Muñoz-Jáuregui *et al.* (2007) describen que existe una estrecha relación entre la actividad antioxidante de los extractos vegetales y el contenido total de polifenoles. De igual manera Salazar-López *et al.* (2023), quienes trabajaron con residuos de cosechas, determinaron que la capacidad para detener la oxidación depende en gran medida por la determinación y el tipo de compuestos fenólicos residuales presentes en el material vegetal.

Su explicación radica en que los polifenoles contenidos dentro de la semilla de melón poseen grupos hidroxilo unido a sus anillos aromáticos, lo cuales actúan como donadores de electrones. Cuando el extracto metanólico entra en contacto con los radicales libres (DDPH) en el ensayo de laboratorio estos grupos químicos ceden un átomo de hidrogeno, neutralizando la inestabilidad del radical y, por ende, deteniendo la oxidación (Brand-Williams *et al.*, 1995). Es por ello que la variedad Pitayo fue quien más destacó en

comparación con las variedades Alaniz Gold, al mostrar una mayor capacidad antioxidante se confirma que sus semillas tienen una mayor cantidad de compuestos fitoquímicos. Estos hallazgos son de suma importancia ya que se comprueba que las semillas consideradas desechos en el Ejido de San Juan De Villanueva no son un desperdicio, sino que es un subproducto que tiene un alto potencial para la extracción de compuestos bioactivos naturales.

VI.CONCLUSIONES

Se concluye que el contenido total de polifenoles (CTP) en las semillas de melón está fuertemente influenciado por la variedad comercial utilizada. La variedad Pitayo (NPP1) demostró tener la mayor riqueza fitoquímica bajo las condiciones ambientales y de manejo en las parcelas del Ejido San Juan de Villanueva, destacando como un material con un alto potencial genético.

Los niveles de Contenido Total de Flavonoides (CTF) fueron naturalmente bajos en estado fresco debido a las características de la especie. Sin embargo, tanto los factores ambientales de la parcela y el manejo del cultivo permitieron que la variedad Alaniz Gold (AGP3) destacara sobre las demás variedades.

En cuanto a la actividad antioxidante (AA) está estrechamente relacionado con la concentración de polifenoles totales. Nuevamente, la variedad Pitayo tuvo el mayor porcentaje de inhibición debido a que los compuestos fenólicos presentes en la semilla presentan una alta eficiencia biológica para neutralizar radicales libres.

Por último, es importante destacar que los hallazgos de esta investigación confirman que las semillas de melón que son descartadas actualmente en la Comarca Lagunera son un subproducto de gran valor fitoquímico y nutracéutico. Cambiando la visión de la sociedad para que no sea visto como un desecho, sino como un material que puede ser procesado y utilizado como un extracto natural protector.

LITERATURA CITADA

- Ávalos-García, A., & Pérez-Urria, C. E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145.
- Bouaziz, M., Yanguì, T., Sayadi, S., & Dhouib, A. (2020). Phenolic profile and antioxidant efficiency of Tunisian melon (*Cucumis melo* L.) seeds as affected by extraction solvents. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2), 987–996. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00348-w>
- Camacho-Escobar, M. A., Ramos-Ramos, D. A., Ávila-Serrano, N. Y., Sánchez-Bernal, E. I., & López-Garrido, S. J. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 443–453. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.646>
- Creus, E. G. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 80–84.
- Espinoza-Arellano, J. D. J., Ramírez Menchaca, A., Guerrero Ramos, L. A., & López Chavarría, S. (2017). Estrategias, alianzas y portafolio de negocios para desarrollar la competitividad del cultivo del melón en la Comarca Lagunera, México. *Nova Scientia*, 9(19), 441–463.
- Fang, Y. Z., Yang, S., & Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18(10), 872–879. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(02\)00916-4](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(02)00916-4)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *FAOSTAT Database*. Recuperado el 6 de junio de 2026, de <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R., & Pintado, M. (2020). 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*, 99, 507–519.
- Hernández-Guiançe, S. N., Marino, L., Isern, D. M., Coria, I. D., & Irurzun, I. M. (2019). Flavonoides: aplicaciones medicinales e industriales. *Invenio*, 22(43), 105–118.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020: Viesca, Coahuila de Zaragoza*. Recuperado el 7 de junio de 2026, de <https://www.inegi.org.mx>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2023). Reporte anual 2023: Región Lagunera. Recuperado el 7 de junio de 2026, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/920817/REPORTE_ANUAL_2023_La_Laguna.pdf
- Ismail, H. I., Chan, K. W., Mariod, A. A., & Ismail, M. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2), 643-647. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.023>
- López-Martínez, V., Vargas-Arispuro, I., Martínez-Téllez, M. A., Aispuro-Guzmán, E., & Martínez-Ploper, J. (2007). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en variedades de melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 125–131.
- Lustre-Sánchez, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria*, 23(2), e10. <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N. (2018). Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 68-77.
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6), 271–278.
- Mier, L. G. (2025). Metabolitos secundarios: La química secreta de las plantas. *ExpresiónES UVM*, 13(1), 14–21.
- Muñoz-Jáuregui, A. M., Ramos-Escudero, D. F., Ureta, C. A. O., & Castañeda, B. C. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos

- fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(3), 142–149.
- Nossa-González, D. L., Talero-Pérez, Y. V., & Rozo-Núñez, W. E. (2016). Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de los extractos polares de comfrey (*Symphytum officinale* L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(2), 125–132.
- Ochoa, C. I., & Ayala, A. A. (2004). Los flavonoides: apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos. *Ingeniería y Competitividad*, 6(2), 64–74.
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68–81.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Ramírez-Aragón, M. G., Borroel-García, V. J., López-Martínez, J. D., Nieto-Garibay, A., & García-Hernández, J. L. (2024). Extracción de compuestos antioxidantes en sandía y melón en la Comarca Lagunera. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1). <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3953>
- Ramírez-Ramos, M., García-Mateos, M., Corrales-García, J., Ybarra-Moncada, C., & Castillo-González, A. M. (2015). Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 349–357.
- Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Effect of the operating parameters of the ultrasound-assisted extraction on the obtention of grape polyphenols: A review. *Tecnológicas*, 24(51), e1882. <https://doi.org/10.22430/22565337.1882>
- Reyes-Avalos, M. C., Minjares-Fuentes, R., Esparza-Rivera, J. R., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez Sáenz, J. C., & Meza-Velázquez, J. A. (2017). Calidad de melón

- cantaloupe (*Cucumis melo*) cubierto con una película comestible de alginato-hpmc-parafina. *Nova Scientia*, 9(18), 222-238.
- Salazar-López, N. J., Enríquez-Valencia, S. A., Zuñiga Martínez, B. S., & Gustavo A. González-Aguilar, G. A. (2023). Residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y compuestos fenólicos. *EPISTEMUS*, 17(34), 60–69. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.265>
- Saltveit, M. E. (2011). Melon (*Cucumis melo* L.). En E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 483–501). Woodhead Publishing.
- Santamaría-Gómez, J. M., Piloni-Martini, J., Quintero-Lira, A., Bernardino-Nicanor, A., & Güemes-Vera, N. (2018). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante antes y después del proceso de extrusión. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 12(2), 45–56.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024). *Melón mexicano, un fruto con creciente demanda y producción nacional*. Recuperado el 7 de junio de 2026, de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/melon-mexicano-un-fruto-con-creciente-demanda-y-produccion-nacional-agricultura>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Cierre de la producción agrícola: Melón en la Comarca Lagunera*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 7 de junio de 2026, de <https://www.gob.mx/siap>
- Singh, J., Singh, V., Shukla, S., & Rai, A. K. (2016). Phenolic content and antioxidant capacity of selected cucurbit fruits extracted with different solvents. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6(6), 1–8. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000565>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola* [Base de datos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Recuperado el 7 de junio de 2026, de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

- Torres, J. R. (2019). *Introducción al estudio de los metabolitos secundarios en plantas*. Editorial Universitaria.
- Vargas, R. A., & Petricevich, V. L. (2018). Importancia biológica de los compuestos fenólicos. *Inventio*, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, *14*(34), 33–38.
- Vella, F. M., Cautela, D., & Laratta, B. (2019). Characterization of polyphenolic compounds in melon by-products. *Foods*, *8*(6), Article 196. <https://doi.org/10.3390/foods8060196>
- Villaseñor-Perea, C. A., Garza-López, R., & Martínez-Sánchez, J. (2006). Criterios técnicos para la cosecha manual y manejo postcosecha de frutos hortícolas. *Boletín Técnico Agropecuario*, *18*(2), 102–115.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, *64*(4), 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)