CIENCIA, INGENIERÍA Y DESARROLLO TEC LERDO
Revista digital universitaria
Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

Influencia del Genotipo en el Perfil Fitoquímico y Actividad Antioxidante de Distintas Variedades de Albahaca

Moraz-Alderete, E[1]; Ramírez-Aragón, M.G.[2] , Borroel-García, V.J.[3]; Macias-Cortez, E.[4]; Coria-Arellano, J.L.[5]

Datos de Adscripción:

[1] Estefanía Moraz Alderete. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Posgrado. estefania.mo.al@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-7740-8256

[2] ✉ Mercedes Georgina Ramírez Aragón. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agronomía y Zootecnia. georgina.ra@itslerdo.edu.mxhttps://orcid.org/0000-0002-8044-3893

[3] Victoria Jared Borroel García. Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ingeniería Ambiental. victoria.bg@itslerdo.edu.mx https://orcid.org/0000-0003-1752-5586

[4] Elizabeth Macias Cortez. Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Dpto. de Posgrado. elizabeth.mc@itslerdo.edu.mx https://orcid.org/0000-0003-4536-3588

[5] Jessica Lizbeth Coria Arellano. Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ingeniería Industrial. jessica.ca@itslerdo.edu.mx https://orcid.org/0000-0003-4581-0122

Resumen **- La albahaca (*Ocimum spp.*) es una planta aromática ampliamente valorada por su uso en la cocina y la medicina tradicional, debido a su riqueza en metabolitos secundarios que incluyen fenoles, flavonoides y terpenoides, entre otros. La composición y concentración de estos compuestos bioactivos pueden variar significativamente entre las distintas variedades, por lo que su caracterización es clave para aprovechar su potencial en diversas industrias. El objetivo del presente experimento fue evaluar el potencial fitoquímico de nueve variedades de albahaca cultivadas bajo las mismas condiciones de crecimiento, colocadas en macetas de plástico negro de un galón, que contenían una mezcla de arena:perlita (80:20) en un invernadero. El género *Ocimum*, parte de la familia Lamiaceae, incluye alrededor de 150 especies donde se han identificado varios metabolitos secundarios como terpenoides, flavonoides, fenoles, antocianinas, esteroides y taninos. Las recolecciones de muestras de plantas se realizaron utilizando un diseño aleatorio para asegurar un muestreo representativo de las nueve variedades de albahaca. Las muestras obtenidas fueron posteriormente analizadas para análisis fitoquímico en el cual, se emplearon métodos espectrofotométricos (UV-Vis) para extraer y cuantificar los compuestos fenólicos y flavonoides. Los valores de compuestos fenólicos variaron de 1.4 a 8.2 mg GAE g^{-1} PS, para flavonoides los valores oscilaron entre 54.7 - 8.1 mg QE g^{-1} PS y para actividad antioxidante el mejor ensayo fue por ABTS. Estos hallazgos pueden ser útiles para seleccionar variedades de albahaca con altos contenidos de compuestos bioactivos para aplicaciones en las industrias alimentaria y farmacéutica.**

Palabras Clave - Antioxidantes, Fenólicos, Flavonoides, Metabolitos secundarios.

Abstract **- Basil (*Ocimum* spp.) is an aromatic plant highly valued for its culinary and traditional medicinal uses, largely due to its richness in secondary metabolites, such as phenols, flavonoids, and terpenoids, among others. The composition and concentration of these bioactive compounds can vary significantly among different varieties, making their characterization essential for harnessing their potential in various industries. The objective of this study was to evaluate the phytochemical potential of nine basil varieties grown under the same growth conditions, placed in one-gallon black plastic pots containing a sand: perlite (80:20) mixture in a greenhouse. The genus *Ocimum*, belonging to the Lamiaceae family, comprises around 150 species. Several secondary metabolites, such as terpenoids, flavonoids, phenols, anthocyanins, steroids, and tannins, have been identified. Plant samples were collected using a randomized design to ensure representative sampling of the nine basil varieties. The obtained samples were subsequently analyzed for phytochemical analysis, in which spectrophotometric methods (UV-Vis) were used to extract and quantify phenolic and flavonoid compounds. Phenolic compound values ranged from 1.4 to 8.2 mg GAE g^{-1} DW, flavonoid values ranged from 54.7 to 8.1 mg QE g^{-1} DW, and the best antioxidant activity assay was ABTS. These findings provide valuable insights for selecting basil varieties with high bioactive compound contents for applications in the food and pharmaceutical industries.**

Keywords: Antioxidants, Flavonoids, Phenolics, Secondary metabolites.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Ocimum*, perteneciente a la familia *Lamiaceae*, comprende aproximadamente 150 especies (Simon et al., 1992), distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y América. Muchas de estas especies han sido empleadas con fines medicinales desde la antigüedad, destacando su uso en sistemas tradicionales de medicina como el ayurveda y la unani (Yadav et al., 2022). Entre ellas, *Ocimum basilicum* L. (Siddiqui et al., 2012), comúnmente conocida como albahaca dulce, es una planta herbácea perenne ampliamente cultivada (Bantis et al., 2016) debido a su versatilidad en aplicaciones ornamentales, culinarias y aromáticas (Gülçin et al., 2007). Sus aceites esenciales, ricos en compuestos como linalool, estragol y eugenol, se aplican en la aromatización de alimentos, la elaboración de fragancias comerciales y la conservación de productos alimenticios (Nguyen & Niemeyer, 2008). Esta especie reviste gran importancia en diversos campos, incluyendo la farmacología, la industria alimentaria, la agricultura y la cosmética (Qasem et al., 2023), lo que la convierte

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

en un recurso botánico de alto valor económico y terapéutico. Desde épocas ancestrales, las plantas medicinales han sido utilizadas en la medicina tradicional y complementaria para el tratamiento, manejo o prevención de diversas enfermedades (Chaachouay et al., 2022). Se estima que el 80% de la población mundial depende de la etnomedicina o remedios herbales como principal enfoque de atención primaria, especialmente en comunidades rurales y en países en desarrollo (Tugume & Nyakoojo, 2019). *Ocimum basilicum*, también denominada albahaca dulce o albahaca común, es una de las especies más importantes y consumidas en la región mediterránea (Qamar et al., 2023), donde se emplea tanto en gastronomía como en preparados fitoterapéuticos. Además, es un agente aromatizante popular en las cocinas americana y mediterránea (De Luca et al., 2022), siendo ingrediente clave en salsas como el pesto italiano. El género *Ocimum*, conocido colectivamente como albahaca, engloba más de 30 especies distintas (Majdi et al., 2020), cada una con perfiles químicos y usos específicos. Esta planta se cultiva extensamente en Asia Central y Sudoriental, incluyendo regiones como Irán y Pakistán (Aminian et al., 2022), donde se valora no solo por sus propiedades culinarias, sino también por su papel en la medicina tradicional. En sistemas como el ayurveda y la unani, la albahaca dulce es altamente valorada por su eficacia en el tratamiento de numerosas patologías, desde trastornos digestivos hasta afecciones respiratorias (Yadav et al., 2022).

Ocimum basilicum es reconocida por sus diversas propiedades biológicas, entre las que destacan efectos anti-alérgicos, anti-angiogénicos, antidepresivos, antiinflamatorios, antitumorales y antimicrobianos (Gutierrez-de-Río et al., 2021). Estas propiedades se atribuyen a la presencia de metabolitos secundarios como taninos, fenoles, flavonoides, antocianinas y esteroides, los cuales protegen contra el daño oxidativo mediante la neutralización de radicales libres o la absorción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Estos antioxidantes pueden actuar sinérgicamente con otros compuestos naturales o sintéticos, potenciando su eficacia y reduciendo las dosis terapéuticas requeridas en medicamentos, lo que minimiza efectos adversos (Beltran-Noboa et al., 2023). Estudios recientes sugieren que los extractos de albahaca podrían ser útiles en el desarrollo de terapias coadyuvantes para enfermedades crónicas como la diabetes y patologías cardiovasculares, gracias a su capacidad moduladora del estrés oxidativo y la inflamación sistémica (De Carvalho et al., 2023).

Entre las principales especies de *Ocimum* se incluyen *O. basilicum*, *O. gratissimum*, *O. kilimandscharicum*, *O. lamiifolium*, *O. minimum*, *O. citriodorum* y *O. americanum*, clasificadas según su composición química y morfología (Beltran-Noboa et al., 2023). No obstante, el análisis de su composición química es complejo debido a la variabilidad influenciada por factores como condiciones edáficas, zonas climáticas, hibridación cruzada, poliploidización, morfogénesis, métodos de cosecha, secado y almacenamiento. Esta variabilidad quimiotípica ha llevado a la identificación de distintos quimiotipos dentro de una misma especie, lo que dificulta su estandarización para fines farmacéuticos e industriales (Majdi et al., 2020).

El potencial farmacológico de las plantas medicinales está asociado a los compuestos bioactivos sintetizados como metabolitos secundarios. En la albahaca, se han identificado diversos metabolitos, entre los que destacan terpenoides como metil chavicol, geraniol, linalool, 1,8-cineol, metil eugenol, p-alilanisol, acetato de nerilo y trans-bergamoteno, así como flavonoides, fenoles, antocianinas, esteroides y taninos (Qasem et al., 2023). Las hierbas aromáticas como la albahaca pueden actuar como alimentos funcionales y nutracéuticos, reduciendo riesgos para la salud y mejorando el bienestar gracias a sus propiedades bioactivas (De Luca et al., 2022). Se utilizan distintas partes de la planta (raíces, tallos, flores y semillas), pero sus hojas verdes son las más populares debido a su alta concentración de aceites esenciales y compuestos fenólicos.

Estas hojas, consumidas frescas o secas, son ricas en antioxidantes como el ácido rosmarínico y la quercetina, con propiedades antiinflamatorias, antibacterianas y antivirales (De Carvalho et al., 2023). Además, estudios recientes han explorado su potencial en la industria de los alimentos funcionales, donde se emplea como conservante natural y agente fortificante en productos enriquecidos con compuestos bioactivos (Qasem et al., 2023).

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

2.1 Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en un invernadero de investigación ubicado en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango, México (coordenadas geográficas: 25° 38' 19.83" latitud norte, 103° 31' 52.12" longitud oeste). Este invernadero contaba con una estructura de cubiertas de plástico corredizas y malla antiáfidos, diseñada con un sistema de control semiautomático para garantizar condiciones óptimas de crecimiento. Las variables climáticas se monitorearon continuamente, manteniéndose en rangos de 25–30 °C de temperatura y 70–80% de humedad relativa, condiciones ideales para el desarrollo de las variedades de albahaca evaluadas (Ghasemzadeh et al., 2016).

Las nueve variedades de albahaca seleccionadas para el experimento incluyeron:

Thai, Red Rubin, Emily, Lemon, Anis, Nufar, Napolitano, White, Cinnamon.

Estas variedades fueron elegidas por su diversidad genética y su potencial en la producción de metabolitos secundarios de interés farmacéutico y alimentario (Kwee & Niemeyer, 2011).

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Año: 2025. Volumen: 1. Numero:11 ISSN: 2448-623X

2.2 Establecimiento de los cultivares

Las semillas de las nueve variedades de albahaca fueron adquiridas comercialmente a través de la empresa Group Alter Mex, garantizando su calidad y trazabilidad. Para la fase de germinación, se utilizaron charolas de poliestireno con 250 cavidades, llenadas con musgo de turba como sustrato base. Las charolas se irrigaron dos veces al día con agua destilada hasta alcanzar la etapa de trasplante, asegurando una humedad constante para la emergencia de las plántulas (Majdi et al., 2020).

El trasplante se realizó cuando el crecimiento de la plántula presentó hojas verdaderas (3-4 hojas) y de 10–15 cm de altura, indicadores de desarrollo vegetativo adecuado. Cada plántula se trasladó a macetas de plástico a las cuales se les colocó una mezcla de sustrato compuesta por arena y perlita en proporción 80:20, las macetas fueron de un galón de capacidad. Esta combinación favoreció el drenaje y la aireación radicular, factores críticos para el crecimiento óptimo de la albahaca (Bantis et al., 2016).

2.3 Preparación de muestras y obtención de extractos

Tras un período de 35 días posteriores al trasplante, se recolectaron muestras foliares de todas las variedades, abarcando plantas representativas de cada tratamiento. Las hojas se lavaron minuciosamente con agua destilada para eliminar impurezas y se secaron con papel estraza para retirar el exceso de humedad superficial. El secado se realizó a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante 15 días, evitando la exposición directa a la luz solar para prevenir la degradación de compuestos termolábiles (Prinsi et al., 2019).

Una vez deshidratadas, las muestras se pulverizaron mediante un procesador Hamilton Beach, obteniendo un polvo homogéneo que se almacenó en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente hasta su uso. Para la extracción de metabolitos, se empleó la técnica de extracción sólido-líquido, donde 1 g de muestra pulverizada se mezcló con 10 mL de etanol (Jalmek) en tubos de ensayo. La mezcla se agitó continuamente durante 24 h en un agitador automático Stuart® a 25 ± 2 °C para maximizar la eficiencia de extracción (Abkhoo & Jahani, 2017).

Posteriormente, los extractos obtenidos se llevaron a concentración utilizando un evaporador rotatorio Buchi modelo 210 y un baño maría RIOSA a 35 - 40 °C, eliminando el solvente y recuperando los compuestos bioactivos. Los extractos concentrados se almacenaron a -20 °C en condiciones de ultracongelación hasta su análisis, previniendo su degradación oxidativa (Ramírez-Aragón et al., 2019).

2.4 Cuantificación de fenoles totales (CFT)

La medición del contenido de fenoles totales se llevó a cabo empleando un espectrofotómetro UV-Vis (Genesys® 10 UV), aplicando el método de Folin-Ciocalteu con ciertas adecuaciones (Lillo, 2016). En síntesis, se tomaron 30 µL del extracto, que fueron diluidos con 2 mL de agua destilada seguido de la adición del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) con una cantidad de y 250 µL. Seguido del tiempo marcado por la técnica (5 minutos), se añadieron 1 mL de Na_2CO_3 al 10% y se completó el volumen a 5 mL con agua destilada. La mezcla resultante permaneció en la oscuridad por 60 minutos antes de registrar su absorbancia a 765 nm.
Los resultados se calcularon a partir de una curva de calibración utilizando como estándar el ácido gálico (0 a 100 mg L^{-1}) y se reportaron en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg EAG g^{-1} PS). Esta técnica es ampliamente reconocida por su alta sensibilidad y repetibilidad en la estimación de fenoles en material vegetal (Gülçin et al., 2007).

2.5 Cuantificación de flavonoides totales (FLT)

La estimación del contenido total de flavonoides se efectuó mediante un complejo colorimétrico formado con cloruro de aluminio ($AlCl_3$), siguiendo el método ajustado por Lillo (2016). Para ello, 50 µL del extracto se combinaron con 100 µL de $AlCl_3$ al 5% y 100 µL de acetato de sodio 1 M, completando el volumen a 5 mL con metanol (JT Baker). La mezcla se mantuvo en oscuridad por 30 minutos y posteriormente se determinó su absorbancia a 425 nm.
Los flavonoides se determinaron a partir del estándar de quercetina bajo una curva de calibración (0–50 mg L^{-1}), y los resultados se expresaron como mg EQ g^{-1} PS (mg equivalentes de quercetina por gramo de peso seco). Esta técnica es adecuada para flavonoides que contienen grupos hidroxilo libres (Ghasemzadeh et al., 2016).

2.6 Determinación de la capacidad antioxidante (CAO)

La capacidad antioxidante se evaluó utilizando el método del radical ABTS propuesto por Chaves et al. (2020), con ciertas adaptaciones. Para la preparación del radical ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), se reaccionó una solución de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2.45 mM), diluyendo hasta 10 mL con agua y dejando que la mezcla reposara a temperatura ambiente (~25°C) por 18 horas en oscuridad. Posteriormente, el radical fue diluido con etanol hasta que se logró leer una absorbancia cercana a 0.7 (±0.1) a 754 nm. Cada extracto se preparó a 200 mg L^{-1} en etanol, y para la medición se agregaron 50 µL de las muestras de extracto con 1,950 µL del radical diluido. Tras agitar por un minuto se deja reposar 10 minutos en la oscuridad, la absorbancia se leyó a 754 nm en un espectrofotómetro Genesys 10 UV (EE.UU.). Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición y se reportaron en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de peso seco (µmol Trolox g^{-1} PS).

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

2.7 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un ANOVA en el programa SAS 9.0, y para comparar las medias entre tratamientos se realizó la prueba de mínima diferencia significativa (LSD) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. El experimento siguió un diseño denominado bloques completamente al azar y se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

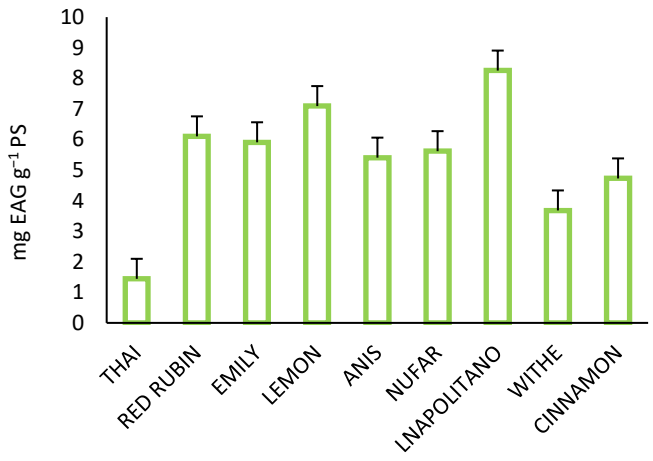
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Compuestos fenólicos

En este estudio, los valores de contenido total de fenoles (CFT) oscilaron entre 1,4 y 8,2 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por gramo de peso seco (PS), siendo la variedad Napolitano de *Ocimum basilicum* la que presentó el mayor contenido de fenoles, mientras que la variedad Thai mostró la concentración más baja. Estos resultados reflejan una marcada variabilidad en la acumulación de compuestos fenólicos entre los distintos genotipos de albahaca, lo que podría estar relacionado con diferencias en su metabolismo secundario y en las condiciones de cultivo. Las nueve variedades analizadas exhibieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), lo que indica que la variación genética entre las variedades de albahaca desempeña un papel crucial en la determinación de los niveles de compuestos fenólicos. Cabe destacar que las variedades Red Rubin y Emily registraron valores estadísticamente similares, al igual que las variedades Anis y Nufar (Figura 1), lo que sugiere que ciertos cultivares podrían compartir vías biosintéticas comunes o responder de manera similar a los factores ambientales.

Figura 1

Concentración de ácidos fenólicos en nueve variedades de albahaca



a-g Letras diferentes indican diferencias estadísticas en el p<0.05 para cada muestra

Un estudio previo realizado con extractos foliares de tres variedades distintas de albahaca reportó concentraciones de compuestos fenólicos que variaban entre 5,5 y 7,1 mg EAG g^{-1} de peso fresco (PF), resultados que son consistentes con los hallazgos del presente estudio. Las variedades evaluadas por Prinsi et al. (2019) (Italiano Classico, Red Rubin y Dark Opal) mostraron concentraciones similares a las variedades Red Rubin, Lemon, Anise y Nufar analizadas en esta investigación. Sin embargo, es importante considerar que las diferencias en los valores absolutos pueden deberse al uso de tejido fresco en lugar de seco, lo que afecta la concentración relativa de metabolitos. Por otro lado, las variedades Thai y White presentaron concentraciones inferiores en comparación con las mencionadas anteriormente, lo que podría atribuirse a una menor expresión de enzimas clave en la ruta de biosíntesis de fenoles, como la fenilalanina amonio liasa (PAL).

Otro estudio reportó valores de CFT en extractos de hojas de albahaca que oscilaban entre 1,14 y 0,89 mg EAG g^{-1} PS, utilizando diferentes solventes de extracción (Do et al., 2020). A pesar de que uno de los solventes empleados fue el mismo que en este estudio (etanol), sus resultados fueron significativamente más bajos que los obtenidos aquí, donde el valor mínimo registrado fue de 1,4 mg EAG g^{-1} PS. Esta discrepancia podría explicarse por diferencias en el método de secado de las hojas, la edad de las plantas al momento de la cosecha o incluso variaciones en las condiciones climáticas durante el cultivo. La presencia de un alto contenido fenólico en ciertas variedades de albahaca sugiere una mayor capacidad para neutralizar radicales libres, un factor clave en la reducción del estrés oxidativo en sistemas biológicos. Compuestos fenólicos como el ácido gálico y el ácido ferúlico han sido ampliamente documentados por su papel en la prevención de enfermedades crónicas, incluyendo trastornos cardiovasculares y neurodegenerativos (Chatterjee & Sarkar, 2024), lo que refuerza la importancia de seleccionar genotipos con alto potencial antioxidante.

En cuanto al contenido fenólico total en la albahaca, es importante señalar que los valores reportados en la literatura pueden variar hasta en un orden de magnitud. Esta variabilidad puede atribuirse a factores como diferencias en el momento de cosecha de las plantas, el uso de tejidos frescos versus secos para el análisis y los enfoques metodológicos empleados. Estudios que evaluaron las concentraciones de fenoles totales en tejidos foliares secos de diversos cultivares de albahaca encontraron rangos entre 5 y 27 mg EAG g^{-1} PS (Kwee & Niemeyer, 2011; Flanigan et al., 2014). Considerando estos hallazgos, variedades de albahaca con alto contenido de fenoles, como la Napolitano, podrían ser cultivadas preferentemente para el desarrollo de alimentos funcionales enriquecidos con antioxidantes y suplementos dietéticos, especialmente en formulaciones destinadas a poblaciones con mayor riesgo de enfermedades asociadas al estrés oxidativo.

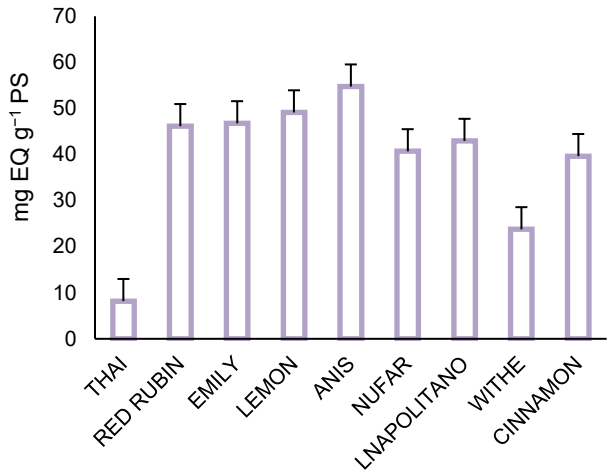
https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

3.2 Flavonoides totales

En cuanto a la concentración de flavonoides totales (FLT), las variedades de *Ocimum basilicum* Anis, Lemon, Emily, Red Rubin, Napolitano, Nufar, Cinnamon, White y Thai obtuvieron valores de 54,7; 49,12; 46,7; 46,1; 42,9; 40,6; 39,6; 23,7 y 8,1 mg de equivalentes de quercetina (EQ) g^{-1} PS, respectivamente (Figura 2). Estos resultados demuestran una amplia variabilidad intervarietal, siendo la Anis la que presentó la mayor concentración, seguida de cerca por Lemon, mientras que la Thai mostró los valores más bajos.

Figura 2

Concentración de flavonoides totales en nueve variedades de albahaca



a-g Letras diferentes indican diferencias estadísticas en el p<0.05 para cada muestra

Estos resultados demuestran que la variedad Thai presentó los valores más bajos tanto en CFT como en FLT en comparación con las demás variedades analizadas, lo que resalta una amplia variación en el contenido de flavonoides entre los cultivares de albahaca y refuerza la importancia de la selección genética para optimizar sus beneficios para la salud. La baja acumulación de flavonoides en la variedad Thai podría deberse a diferencias en la expresión de genes relacionados con la biosíntesis de flavonoides, como las enzimas chalcona sintasa (CHS) y flavonoide 3'-hidroxilasa (F3'H).

Según la literatura revisada, un estudio que analizó extractos de albahaca dulce para determinar el contenido total de flavonoides, variando temperaturas y concentraciones del solvente de extracción, encontró valores entre 18,8 y 24,2 mg de equivalentes de quercetina (EQ) g^{-1} PS (Qazizadah et al., 2023).

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se observa que los valores aquí reportados son más de un 40% superiores en la mayoría de los genotipos evaluados. La variedad White coincidió con los valores reportados por Qazizadah et al. (2023), mientras que la variedad Thai mostró valores hasta un 50% inferiores en contenido total de flavonoides (FLT). Es relevante mencionar que la variedad Thai de *Ocimum* ha sido reportada con las concentraciones más bajas en la mayoría de las variables antioxidantes evaluadas, lo que sugiere que su perfil fitoquímico es inherentemente distinto al de otras variedades.

Otro estudio que analizó diferentes variedades de albahaca reportó concentraciones de FLT que oscilaban entre 7,1 y 23,8 mg de equivalentes de rutina (ER) g^{-1} PS (Jakovljević et al., 2022). Estos resultados se acercan más a los encontrados en este estudio, ya que son superiores a los reportados por Qazizadah et al. (2023). Sin embargo, el FLT en esta investigación sigue presentando valores más altos en la mayoría de las variedades de *Ocimum basilicum* analizadas, lo que podría deberse al uso de técnicas de extracción más eficientes o a diferencias en las condiciones de crecimiento.

Los flavonoides han sido ampliamente estudiados por sus potentes propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y anticancerígenas. El alto contenido de flavonoides en las variedades Anis y Lemon sugiere su posible uso en formulaciones farmacéuticas para el tratamiento de enfermedades inflamatorias e infecciones microbianas. Además, investigaciones han demostrado que los extractos vegetales ricos en flavonoides exhiben efectos neuroprotectores, lo que convierte a estas variedades en candidatas prometedoras para el desarrollo de nutracéuticos dirigidos a prevenir trastornos neurodegenerativos como la enfermedad de Alzheimer (Jakovljević et al., 2023).

Asimismo, los flavonoides contribuyen a la conservación de alimentos debido a su actividad antioxidante, retrasando la oxidación lipídica y prolongando su vida útil (Ghasemzadeh et al., 2016). Por lo tanto, el alto contenido de flavonoides en ciertos cultivares de albahaca resalta su potencial para aplicaciones comerciales tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica, donde podrían emplearse como aditivos naturales en productos de alto valor agregado.

3.3. Capacidad antioxidante

Este estudio demostró propiedades captadoras de radicales libres, con valores que indican la capacidad antioxidante (AOX) mediante la técnica ABTS. La mayoría de las variedades analizadas mostraron valores altos con la técnica ABTS (Tabla 1), lo que sugiere que los extractos de albahaca poseen una actividad antioxidante significativa que podría aprovecharse en diversas aplicaciones industriales y terapéuticas.

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Tabla 1
Actividad antioxidante de nueve variedades diferentes de Ocimum basilicum mediante ensayo ABTS

Tratamiento	ABTS
THAI	5277.98[d]
RED RUBIN	6027.98[c]
EMILY	6001.19[c]
LEMON	6364.29[a]
ANIS	6334.52[a]
NUFAR	6331.55[a]
LNAPOLITANO	6310.71[a]
WITHE	6167.86[b]
CINNAMON	6295.83[a]

a-d Letras diferentes indican diferencias estadísticas en el p<0.05 para cada muestra.

Los valores de AOX reportados en este estudio variaron entre 6364 a 5277,9 µmol de Trolox g^{-1} PS (ABTS). Al emplear el método ABTS, las variedades Nufar, Anis, Napolitano, Lemon y Cinnamon no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que las convierte en candidatas ideales para aplicaciones en conservación de alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos contra el estrés oxidativo. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que indican que los extractos de albahaca ricos en polifenoles poseen una mayor actividad antioxidante (Floegel et al., 2011), lo que respalda su uso en formulaciones destinadas a combatir el daño oxidativo.

Un estudio realizado por Romano et al. (2022) reportó una actividad antioxidante entre 1,14 y 1,86 mmol de equivalentes de Trolox (TE) g^{-1} de extracto usando DPPH, valores inferiores a los de este trabajo, excepto para la variedad Thai. Esto podría deberse a diferencias genotípicas, ya que las variedades analizadas por Romano et al. fueron Italiano Classico y Genovese, las cuales podrían tener un perfil de compuestos bioactivos distinto al de las variedades evaluadas en este estudio.

Una tendencia similar fue observada por Coelho et al. (2018), quienes encontraron que los extractos etanólicos exhibían mayor capacidad antioxidante en pruebas de DPPH y poder reductor en comparación con extractos obtenidos por fluidos supercríticos. Además, Floegel et al. (2011) confirmaron que, en diversas matrices alimentarias, los valores de ABTS suelen ser más altos que los de DPPH, ya que el ABTS reacciona con más componentes antioxidantes, lo que explica las diferencias metodológicas observadas en la literatura.

Dado el aumento global de enfermedades crónicas asociadas al daño oxidativo, la incorporación de estas variedades de albahaca en alimentos funcionales o suplementos podría contribuir a estrategias de medicina preventiva. Asimismo, los extractos de albahaca con alta capacidad antioxidante tienen potencial en productos dermatológicos, donde el estrés oxidativo juega un papel clave en el envejecimiento prematuro y afecciones cutáneas inflamatorias (De Luca et al., 2022). Futuras investigaciones deberían explorar los efectos sinérgicos de los antioxidantes de la albahaca con otros compuestos bioactivos para mejorar su eficacia terapéutica en modelos in vivo y ensayos clínicos.

IV. CONCLUSIONES

En conclusión, el estudio revela un alto grado de variabilidad fitoquímica en nueve variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*), destacándose un enriquecimiento significativo en compuestos fenólicos, flavonoides y actividad antioxidante. Estos resultados ponen de manifiesto el impacto del genotipo y las condiciones ambientales en el contenido total de fenoles y flavonoides, su composición y su rendimiento en la albahaca. Esto sugiere que estrategias de mejoramiento genético y manejo agronómico, enfocadas en aspectos específicos de las condiciones ambientales; como el clima, el suelo y los métodos de cultivo, podrían favorecer la acumulación de estos compuestos bioactivos de interés.

Entre las variedades analizadas, la Napolitano, Anís, Limón y Nufar demostraron una actividad antioxidante superior, lo que las convierte en candidatas ideales para el desarrollo de productos naturales con beneficios para la salud. Asimismo, ciertas variedades de albahaca presentan aplicaciones prometedoras en la industria de alimentos funcionales, farmacéutica y cosmética, gracias a sus altas concentraciones de ácido gálico, morina y ácido ferúlico, compuestos conocidos por sus propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y protectoras frente al estrés oxidativo.

Con miras al futuro, se recomienda profundizar en la investigación para optimizar las prácticas de cultivo, incluyendo el diseño de sistemas de fertilización diferenciados que permitan maximizar la síntesis de estos fitocompuestos beneficiosos. Además, resulta fundamental llevar a cabo estudios in vivo y ensayos clínicos que corroboren los efectos saludables observados en modelos in vitro, lo cual facilitaría la incorporación de derivados de la albahaca en productos comerciales. Estas aplicaciones podrían abarcar no solo la producción de alimentos funcionales, sino también otros campos como la cosmética, la microbiología y la nutracéutica, ampliando así su impacto en la salud y el bienestar humano.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades y Tecnología de México (SECIHTI) por el apoyo brindado a través de los programas de posgrado y posdoctorado, los cuales fueron fundamentales para la realización de esta investigación.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento al Instituto

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Tecnológico de Lerdo, a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y a la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) por las facilidades otorgadas en infraestructura, recursos académicos y colaboración institucional, elementos clave para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradecemos a todos los colegas, técnicos y estudiantes que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al éxito de este proyecto.

VI. REFERENCIAS

Abkhoo, J., & Jahani, S. (2017). Antibacterial effects of aqueous and ethanolic extracts of medicinal plants against pathogenic strains. *International Journal of Infection, 4*(2), e42624. https://doi.org/10.5812/iji.42624

Aminian, A. R., Mohebbati, R., & Boskabady, M. H. (2022). The effect of *Ocimum basilicum* L. and its main ingredients on respiratory disorders: An experimental, preclinical, and clinical review. *Frontiers in Pharmacology, 12*, 805391. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.805391

Bantis, F., Ouzounis, T., & Radoglou, K. (2016). Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae, 198*, 277–283. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.014

Beltran-Noboa, A., Jordan-Álvarez, A., Guevara-Terán, M., Gallo, B., Berrueta, L. A., Giampieri, F., & Tejera, E. (2023). Exploring the chemistry of *Ocimum* species under specific extractions and chromatographic methods: A systematic review. *ACS Omega, 8*(12), 10747–10756. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c08172

Chaachouay, N., Douira, A., & Zidane, L. (2022). Herbal medicine used in the treatment of human diseases in the Rif, Northern Morocco. *Arabian Journal for Science and Engineering, 47*(1), 131–153. https://doi.org/10.1007/s13369-021-05501-1

Chatterjee, A., & Sarkar, B. (2024). Polyphenols and terpenoids derived from *Ocimum* species as prospective hepatoprotective drug leads: A comprehensive mechanistic review. *Phytochemistry Reviews*. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s11101-024-09992-2

Coelho, J., Veiga, J., Karmali, A., Nicolai, M., Pinto-Reis, C., Nobre, B., & Palavra, A. (2018). Supercritical CO_2 extracts and volatile oil of basil (*Ocimum basilicum* L.): Comparison with conventional methods. *Separations, 5*(2), 21. https://doi.org/10.3390/separations5020021

De Carvalho, J. V. D., De Freitas, R. V., Bezerra, C. V., Teixeira-Costa, B. E., & Dos-Santos, O. V. (2024). Application of the cryo-drying technique in maintaining bioactive and antioxidant properties in basil leaves (*Ocimum basilicum*). *Horticulturae, 10*(5), 457. https://doi.org/10.3390/horticulturae10050457

De Luca, I., Di Cristo, F., Valentino, A., Peluso, G., Di Salle, A., & Calarco, A. (2022). Food-derived bioactive molecules from Mediterranean diet: Nanotechnological approaches and waste valorization as strategies to improve human wellness. *Polymers, 14*(9), 1726. https://doi.org/10.3390/polym14091726

Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis, 24*(7), 1043–1048. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008

Ghasemzadeh, A., Ashkani, S., Baghdadi, A., Pazoki, A., Jaafar, H. Z., & Rahmat, A. (2016). Improvement in flavonoids and phenolic acids production and pharmaceutical quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by ultraviolet-B irradiation. *Molecules, 21*(9), 1203. https://doi.org/10.3390/molecules21091203

Gülçin, İ., Elmastaş, M., & Aboul-Enein, H. Y. (2007). Determination of antioxidant and radical scavenging activity of basil (*Ocimum basilicum* L. Family Lamiaceae) assayed by different methodologies. *Phytotherapy Research, 21*(4), 354–361. https://doi.org/10.1002/ptr.2069

Gutierrez-del-Río, I., López-Ibáñez, S., Magadán-Corpas, P., Fernández-Calleja, L., Pérez-Valero, Á., Tuñón-Granda, M., & Lombó, F. (2021). Terpenoids and polyphenols as natural antioxidant agents in food preservation. *Antioxidants, 10*(8), 1264. https://doi.org/10.3390/antiox10081264

Jakovljević, D., Skrzypek, E., Stanković, M., & Warchoł, M. (2023). Phytochemical diversity and biological activity of basil (*Ocimum* L.) secondary metabolites produced *in vitro*. In *Biosynthesis of bioactive compounds in medicinal and aromatic plants: Manipulation by conventional and biotechnological approaches* (pp. 369–398). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35221-8_16

Jakovljević, D., Stanković, M., Warchoł, M., & Skrzypek, E. (2022). Basil (*Ocimum* L.) cell and organ culture for the secondary metabolites production: A review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 149*(1), 61–79. https://doi.org/10.1007/s11240-022-02286-5

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D. (2011). Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry, 128*(4), 1044–1050. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011

Majdi, C., Pereira, C., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Rhourri-Frih, B., & Ferreira, I. C. (2020). Phytochemical characterization and bioactive properties of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* cv. 'Cinnamon') and lemon basil (*Ocimum* × *citriodorum*). *Antioxidants, 9*(5), 369. https://doi.org/10.3390/antiox9050369

Nguyen, P. M., & Niemeyer, E. D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56*(18), 8685–8691. https://doi.org/10.1021/jf801485u

Prinsi, B., Morgutti, S., Negrini, N., Faoro, F., & Espen, L. (2019). Insight into composition of bioactive phenolic compounds in leaves and flowers of green and purple basil. Plants, 9(1), 22. https://doi.org/10.3390/plants9010022

Qamar, F., Sana, A., Naveed, S., & Faizi, S. (2023). Phytochemical characterization, antioxidant activity and antihypertensive evaluation of *Ocimum basilicum* L. in L-NAME induced hypertensive rats and its correlation analysis. *Heliyon, 9*(4), e14889. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14889

Qasem, A., Assaggaf, H., Mrabet, H. N., Minshawi, F., Rajab, B. S., Attar, A. A., & Bouyahya, A. (2023). Determination of chemical composition and investigation of biological activities of *Ocimum basilicum* L. *Molecules, 28*(2), 614. https://doi.org/10.3390/molecules28020614

Qazizadah, A. Z., Nakasha, J. J., Sinniah, U. R., & Wahab, P. E. M. (2023). Quantification of total phenolic and total flavonoid compounds in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves, through the optimization of temperature and concentration of ethanol. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences, 29*(2), 36–51.

Ramírez-Aragón, M. G., Borroel-García, V. J., Salas-Pérez, L., López-Martínez, J. D., Gallegos-Robles, M. A., & Trejo-Escareño, H. I. (2019). Ácido rosmarínico, fenólicos totales y capacidad antioxidante en tres variedades de *Ocimum basilicum* L. con diferentes dosis de potasio. *Polibotánica, 47*, 89–98. https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.7

Romano, R., De Luca, L., Aiello, A., Pagano, R., Di Pierro, P., Pizzolongo, F., & Masi, P. (2022). Basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves as a source of bioactive compounds. *Foods, 11*(20), 3212. https://doi.org/10.3390/foods11203212

Siddiqui, B. S., Bhatti, H. A., Begum, S., & Perwaiz, S. (2012). Evaluation of the antimycobacterium activity of the constituents from *Ocimum basilicum* against *Mycobacterium tuberculosis*. *Journal of Ethnopharmacology, 144*(1), 220–222. https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.08.003

Simon, J. E. (1992). Source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses* (pp. 505–506). ASHS Press.

Tugume, P., & Nyakoojo, C. (2019). Ethno-pharmacological survey of herbal remedies used in the treatment of paediatric diseases in Buhunga parish, Rukungiri District, Uganda. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 19*, 353. https://doi.org/10.1186/s12906-019-2763-6

Yadav, S. S., Suryavanshi, P., Nishad, I., & Sinha, S. (2022). First report of downy mildew on sweet basil caused by *Peronospora belbahrii* in India. *Plant Disease, 106*(1), 318. https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0621-PDN

https://doi.org/10.62805/cid2025.CID033
This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/