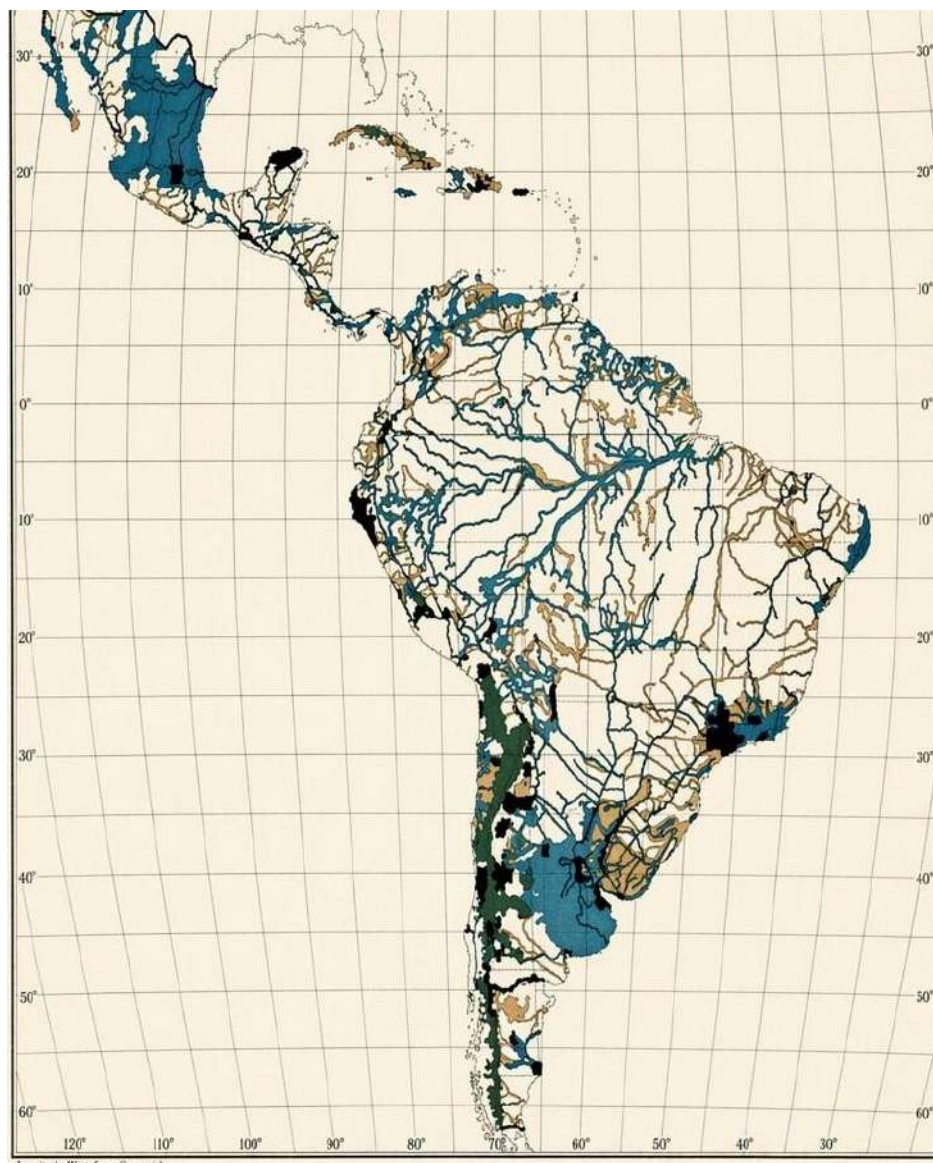


Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 8 - Número 15
Julio – Diciembre 2026
Maracaibo – Venezuela

Efecto de la elicitación con metil jasmonato en la actividad antioxidante del extracto metanólico de *Coleus hadiensis*

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21386365>

Ana Laura Valdez-Arellanes*

José Abraham Recendiz-Cerda**

Ana Mariel Torres-Contreras***

Karla Ramírez-Estrada****

RESUMEN

Los metabolitos secundarios de plantas presentan actividades antioxidantes de interés farmacéutico y cosmético al neutralizar especies reactivas de oxígeno implicadas en enfermedades asociadas a daño oxidativo. La elicitación con fitohormonas como el metil jasmonato (MeJA), un potente elicitor abiótico, simula condiciones de estrés y activa rutas biosintéticas, lo que podría incrementar la cantidad de compuestos antioxidantes. Este estudio evaluó si la elicitación con MeJA aumenta la actividad antioxidante del extracto metanólico de *Coleus hadiensis*. La planta se elicita durante 24 días con aplicaciones foliares dos veces por semana. Tras la elicitación se realizó un tamizaje cualitativo que confirmó fenoles, alcaloides, esteroides/esteroides y cumarinas. Se determinó el contenido fenólico total el cual fue significativamente mayor en el grupo elicitado, con un incremento aproximado de 20 mg GAE/g sobre el control. Se determinó la actividad antioxidante por DPPH, la cual aumentó de forma significativa tras la elicitación ($p=0,009$), consistente con una mayor capacidad captadora de radicales libres asociada al aumento de fenoles. En conjunto, la aplicación foliar de MeJA se confirma como una estrategia viable para potenciar la acumulación de metabolitos secundarios y la actividad antioxidante del extracto metanólico de *C. hadiensis*, incrementando su valor biotecnológico y farmacológico.

PALABRAS CLAVE: *Coleus hadiensis*, Metil jasmonato, Elicitación, Metabolismo de las plantas, Fitoquímica, Planta medicinal, Actividad antioxidante.

*Investigadora. Laboratorio de Metabolismo Celular, Centro de Laboratorios Especializados (CELAES), Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2598-3317> E-mail: ana.valdezar@uanl.edu.mx

** Investigador. Laboratorio de Metabolismo Celular, Centro de Laboratorios Especializados (CELAES), Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

*** Investigadora. Laboratorio de Metabolismo Celular, Centro de Laboratorios Especializados (CELAES), Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4511-9382> E-mail: ana.torrescns@uanl.edu.mx

**** Profesora. Laboratorio de Metabolismo Celular, Centro de Laboratorios Especializados (CELAES), Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7840-7981> E-mail: karla.ramirezst@uanl.edu.mx (autor de correspondencia)

Recibido: 24/03/2026

Aceptado: 19/06/2026

Effect of Methyl Jasmonate Elicitation on the Antioxidant Activity of *Coleus Hadiensis* Methanolic Extract

ABSTRACT

Plant secondary metabolites exhibit antioxidant activities of pharmaceutical and cosmetic interest by neutralizing reactive oxygen species involved in diseases associated with oxidative damage. Elicitation with phytohormones such as methyl jasmonate (MeJA), a potent abiotic elicitor, simulates stress conditions and activates biosynthetic pathways, which could increase the amount of antioxidant compounds. This study evaluated whether elicitation with MeJA increases the antioxidant activity of the methanolic extract of *Coleus hadiensis*. The plant was elicited for 24 days with foliar applications twice a week. After elicitation, a qualitative screening was conducted that confirmed the presence of phenols, alkaloids, sterols/steroids, and coumarins. Total phenolic content was determined, which was significantly higher in the elicited group, with an approximate increase of 20 mg GAE/g compared to the control. Antioxidant activity was determined using DPPH, which significantly increased after elicitation ($p=0,009$), consistent with a greater free radical scavenging capacity associated with the increase in phenols. Overall, foliar application of MeJA is confirmed as a viable strategy to enhance the accumulation of secondary metabolites and the antioxidant activity of the methanolic extract of *C. hadiensis*, increasing its biotechnological and pharmacological value.

KEYWORDS: *Coleus hadiensis*, Methyl jasmonate, Elicitation, Plant metabolism, Phytochemistry, Medicinal plant, Antioxidant activity.

Introducción

Históricamente las plantas, además de servir como alimento, han sido estudiadas en busca del alivio de enfermedades, se estima que aproximadamente el 80% de la población mundial continúa utilizando estas como tratamiento medicinal (Saggar et al., 2022). Con el fin de encontrar el origen de las propiedades medicinales de los organismos vegetales, se han realizado análisis metabólicos y fitoquímicos de las plantas. Un organismo vegetal cuenta con dos tipos de metabolismo: el primario, encargado de producir metabolitos que se encargan de procesos vitales de la planta, y el secundario, el cual sintetiza moléculas que no están involucrados en el desarrollo de la planta, si no, en la protección de esta (Uzma

Salam, 2023). Las biomoléculas producidas por el metabolismo secundario de las plantas son las encargadas de sus actividades biológicas

La actividad antioxidante de los metabolitos secundarios es una de las actividades biológicas de mayor importancia para la industria farmacéutica (Mirjana Marčetić, 2023). Algunas enfermedades como la aterosclerosis, diabetes, cirrosis, cáncer, e incluso, el envejecimiento prematuro de la piel (Adebayo E. A., 2014), son causadas por el daño celular originado por cómo reaccionan los radicales libres con componentes celulares como enzimas, ADN o ARN. Las especies reactivas de oxígeno (ROS) pueden ser inhibidas por compuestos antioxidantes presentes en los extractos vegetales.

Diversos estudios sobre la capacidad antioxidante en extractos de especies como *C. zeylanicum*, *M. piperita* y *O. basilicum* mostraron que la actividad está directamente relacionada con la concentración de metabolitos secundarios clave como el eugenol, mentol, linalool, entre otros (Do Nascimento et al., 2020). Estos compuestos reducen el estrés oxidativo al inactivar radicales libres mediante la donación de átomos de hidrógeno, proceso facilitado por la presencia de grupos hidroxilo. Debido a la complejidad estructural de estos metabolitos, su síntesis química a escala industrial resulta costosa y difícil. Como alternativa para una mayor producción y satisfacer la demanda farmacéutica, se han desarrollado estrategias biotecnológicas como el cultivo *in vitro*, el uso de biorreactores y, principalmente, la elicitación.

La elicitación se define como la biosíntesis de metabolitos inducida por la adición de fitohormonas elicitoras (Namdeo A.G, 2007). Esta estrategia ha proporcionado resultados prometedores en cuanto a la producción de metabolitos secundarios. El metil jasmonato (MeJA), la fitohormona más utilizada, es considerada uno de los más potentes elicitores abióticos, aplicándose de forma exógena en cultivos celulares, de tejidos o directamente sobre las partes aéreas de las plantas, esta es capaz de acelerar y aumenta la biosíntesis de los metabolitos secundarios (Yousefian et al., 2020).

El MeJA tiene la habilidad de aumentar la producción de metabolitos secundarios como fenoles y terpenos (compuestos con gran actividad antioxidante). El MeJA simula condiciones de estrés (como el ataque de patógenos o heridas) para activar las defensas naturales de la planta. Tras ingresar a la célula y convertirse en ácido jasmónico, se conjuga con el aminoácido L-isoleucina para formar JA-Ile. Este complejo es percibido por el receptor COI1 (Coronatine insensitive 1), el cual forma parte de un complejo proteico con actividad

de ubiquitina ligasa E3 denominado SCF (Skp1/Cullin/F-box). Bajo condiciones basales (sin estrés), las proteínas JAZ (Jasmonate ZIM-domain) actúan como represoras, bloqueando los factores de transcripción de los genes de defensa. Sin embargo, al unirse el JA-Ile al complejo SCF este adquiere afinidad por las proteínas JAZ, marcándolas para su degradación a través del proteasoma 26S. La eliminación de las proteínas represoras desencadena la activación de factores de transcripción y genes involucrados en las rutas biosintéticas de metabolitos secundarios antioxidantes. Específicamente, genes como la tirosina aminotransferasa (TAT), la fenilalanina amonio-liasa (PAL), enzima clave de la ruta de los fenilpropanoides, y la 4-coumarato-CoA ligasa (4CL) se regulan positivamente, incrementando la biosíntesis de compuestos fenólicos, tal como se ha documentado en especies como *Salvia miltiorrhiza* de la familia *Lamiaceae* (Goossens et al., 2016; Zhou et al., 2021).

La familia *Lamiaceae* es una de las más importantes, la mayoría de sus miembros posee diversas actividades biológicas. Compuestos como fenoles, cumarinas, alcaloides y esteroides han sido reportados en esta familia (Capecka et al., 2005). Los fenoles son el grupo de metabolitos secundarios más grande, ampliamente conocido por sus actividades biológicas y sinérgicas con otros metabolitos secundarios al potenciar actividades biológicas (Rahimmalek et al., 2020). Las cumarinas, son un subgrupo de compuestos fenólicos derivadas del benzo-a-pirona, que se conoce tienen diversas propiedades biológicas como lo son la actividad antiinflamatoria, anticancerígena, antioxidante, entre otras (Stefanachi et al., 2018). Los alcaloides son conocidos por propiedades antimutagénicas, anticarcinogénicas y antioxidantes capaces de prevenir enfermedades degenerativas ya que inactivan moléculas oxidantes (Jaqueline Moura et al., 2007). Por último, los esteroides son conocidos por poseer actividades anticancerígenas, antioxidantes, antiinflamatorias, antivirales, entre otras (Salazar et al., 2020; Shahzad et al., 2017).

Coleus hadiensis (*Lamiaceae*), también llamada como *Plectranthus hadiensis* o *Plectranthus zatarhendi* var. *Tomentosa* (Authinarayanan Rajesh, 2021). Conocida comúnmente con el nombre de planta del Vick debido a su aroma característico, es una planta arbustiva, semisuculenta con buena propagación vegetativa y muy adaptable que crece de forma fácil en zonas húmedas, sombreadas y es de fácil cultivo en jardines o macetas. Dicha planta es de interés debido a su potencial uso en medicina, se ha observado que metabolitos secundarios antioxidantes como ayanina, casticina, ácido rosmarínico,

crisosplenol D, luteolina 7-O-glucurónido y quercetina 3,7-dimetil éter, entre otros se encuentran dentro de su extracto (Authinarayanan Rajesh, 2021). Estudios en el extracto de esta planta han demostrado presenta actividad antioxidante (Menon D. 2012). Tomando todo lo anterior se planteó como objetivo de este trabajo evaluar si la elicitación con metil jasmonato incrementa la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales del extracto metanólico de *Coleus hadiensis*.

1. Material y Métodos

1.1 Cultivo de *C. hadiensis* y elicitación

Los reactivos químicos utilizados para la elicitación, extracción, caracterización de metabolitos y ensayos antioxidantes fueron adquiridos de Sigma-Aldrich. El material hortícola (macetas y sustrato a base de perlita y vermiculita) se obtuvo de proveedores locales.

A partir de esquejes de una planta madre de *Coleus hadiensis* identificada se cultivaron 8 plantas, estas recibieron riego exclusivamente con agua destilada por 7 semanas, posteriormente se comenzó el proceso de elicitación dividido en dos grupos (n=4): un grupo control y un grupo tratado. El proceso de elicitación tuvo una duración de 24 días con aplicaciones foliares dos veces por semana. La solución elicitora se preparó a una concentración de 100 μ M mediante la disolución de 10.88 μ L de la fitohormona en 500 μ L de metanol grado reactivo, aforando a 500 mL con agua destilada. El grupo control recibió una aplicación similar utilizando únicamente metanol y agua destilada bajo el mismo esquema de frecuencia y volumen.

1.2. Obtención de extracto metanólico

Al finalizar la elicitación, se recolectaron las partes aéreas y se organizaron en dos subgrupos por tratamiento (dos plantas por subgrupo). El material vegetal se congeló a -30 °C por 4 días y posteriormente se liofilizó a -50 °C con una presión de 0,024 mbar durante 4 días, siguiendo el protocolo adaptado de Hossain (Hossain et al., 2010).

El tejido seco se pulverizó en un mortero y se sometió a una maceración metanólica (relación planta:solvente 2:10 p/v) durante 48 horas, realizando un recambio de solvente a las 24 horas. El producto de los filtrados de cada subgrupo se mezcló (Hossain et al., 2010; Rahdari et al., 2022), posteriormente se llevó a concentraron en un rotavapor a 48 °C y 140

rpm hasta la obtención de un extracto crudo seco. Para los análisis posteriores, los extractos se resuspendieron en metanol hasta alcanzar una concentración de 1 mg/mL.

1.3. Caracterización cualitativa de metabolitos secundarios

Se realizaron pruebas colorimétricas para identificar los principales grupos fitoquímicos:

Fenoles: Se añadieron 5 gotas de FeCl_3 a 1 mL de extracto; un viraje a azul o verde oscuro indicó positivo (Safeena et al., 2020).

Alcaloides: Se utilizó el reactivo de Dragendorff; la formación de un precipitado blanco confirmó su presencia (Wazir et al., 2020).

Esteroides (Prueba de Salkowski): A 2 mL de extracto se añadieron 2 mL de cloroformo y 2 mL de H_2SO_4 concentrado. Una capa amarilla-verdosa fluorescente indicó positivo (Ali et al., 2020).

Cumarinas: El extracto se trató con NaOH (10% p/v) y se acidificó con HCl concentrado. La desaparición de una coloración amarilla tras la acidificación fue el indicador de presencia (Batool et al., 2019).

1.4. Cuantificación de Contenido Fenólico Total (CFT)

El contenido de compuestos fenólicos se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu (Thangaraj, 2016). Se preparó una solución madre de ácido gálico (1 mg/mL), a partir de esta se preparó la solución estándar de trabajo (SET), diluyendo 5 mL de la solución madre en 100 mL de agua destilada teniendo una concentración de AG de 50 mg/mL.

A partir de la SET se preparó una curva de calibración en las siguientes concentraciones: 0,3125, 0,625, 1,25, 2,5, 5, y 7,5 $\mu\text{g/mL}$. Se tomaron 50 μL de cada extracto metanólico, cada una se evaluó por triplicado. El contenido de todos los tubos de ensayo se completó a 1 mL con agua destilada. A cada tubo se le añadió 0,5 mL de reactivo Folin-Ciocalteu (1 N) y se dejaron reposar 5 min. Posteriormente, se añadieron 2,5 mL de Na_2CO_3 (5%) y se incubaron en oscuridad por 40 min. La absorbancia se midió a 725 nm. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg GAE/g) utilizando la ecuación:

$$CFT = cV/m$$

Donde c es la concentración obtenida de la curva (mg/mL), V el volumen del extracto (mL) y m la masa del extracto crudo (g) (Phuyal et al., 2020).

1.5. Determinación de actividad antioxidante (DPPH)

La capacidad antioxidante se evaluó mediante la inhibición del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Se prepararon diluciones seriadas de los extractos, se partió del extracto con concentración de 1000 mg/mL para hacer 4 diluciones en serie, se tomó 100 mL de alícuota y se disolvió en 100 mL de metanol en cada dilución, teniendo como resultado las siguientes concentraciones 500, 250, 125 y 62,5 mg/mL, esto se realizó por triplicado en cada subgrupo. Estas diluciones se colocaron en tubos eppendorf en donde independientemente se les añadió 1 mL de DPPH 120 mM. Los tubos se mantuvieron en completa oscuridad y a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente la absorbancia se determinó a 517 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis. Como blanco se utilizó una solución 120 µM de DPPH/MetOH.

El porcentaje de inhibición se calculó mediante la fórmula:

$$\%DPPH_{inhibido} = \left(\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \times 100$$

Donde A0 es la absorbancia del blanco y A1 la del analito (Resmi Mustarichie, 2021). Se determinó el EC₅₀ (concentración necesaria para inhibir el 50% del radical) mediante el análisis de la curva de regresión de 5 puntos.

1.6 Análisis Estadístico

Los datos se procesaron en el software Minitab. Se aplicó una prueba t de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales. El nivel de significancia se estableció en $p < 0,05$ para determinar diferencias estadísticas entre el grupo control y el elicitado.

2. Resultados y discusión

2.1. Caracterización cualitativa

El análisis cualitativo de los extractos metanólicos de *C. hadiensis* confirmó la presencia de diversos grupos de metabolitos secundarios de interés farmacológico. En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos. En el caso de los fenoles, la reacción con FeCl₃ produjo una coloración verdosa característica de la formación de complejos de hierro

con grupos hidroxilo. Para los esteroides, la prueba de Salkowski evidenció la presencia de núcleos esteroidales mediante la formación de una interfase verde fluorescente. La presencia de alcaloides fue confirmada por la precipitación al reaccionar con el tetraiodobismutato de potasio (Dragendorff). Finalmente, la presencia de cumarinas se observó tras la transición del extracto original a una coloración amarilla intensa tras la adición de NaOH 10%, debido a la apertura del anillo lactónico, y la posterior pérdida de color al acidificar con HCl. La presencia de fenoles, alcaloides, esteroides y cumarinas en el extracto metanólico es consistente con el perfil fitoquímico reportado previamente para esta especie. Nuestros hallazgos coinciden con lo descrito por Menon y colaboradores (Menon D. Sasikumar J M. Latha K., 2012), quienes identificaron estos mismos grupos funcionales en extractos de *C. hadiensis* mediante ensayos cualitativos similares. La relevancia de estos resultados radica en que estos grupos de metabolitos están estrechamente relacionados con la capacidad antioxidante. Los compuestos fenólicos, por ejemplo, actúan como donadores de electrones o protones para estabilizar radicales libres, mientras que las cumarinas y alcaloides han demostrado poseer actividades biológicas sinérgicas que potencian el potencial terapéutico de los extractos vegetales. Estos resultados refuerzan la validez del método de extracción empleado y confirma que la planta conserva sus propiedades fitoquímicas fundamentales bajo las condiciones de cultivo y elicitación aplicadas en este estudio.

Tabla 1. Pruebas de identificación cualitativa de grupos de metabolitos secundarios.

Metabolito Secundario	Prueba Química	Observación	Resultado
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (FeCl ₃)	Coloración verde oscura	(+)
Alcaloides	Reactivo de Dragendorff	Formación de precipitado blanco	(+)
Esteroides/Esteroides	Prueba de Salkowski	Capa superior verde fluorescente	(+)
Cumarinas	NaOH/HCl	Viraje amarillo y decoloración por acidificación	(+)

+: positivo

2.2. Contenido fenólico total

Respecto al CFT, se puede observar en la figura 1 una clara diferencia entre ambos grupos, se muestra un mayor contenido fenólico total en el grupo elicitado, aproximadamente 20 mg GAE/g de muestra por encima del grupo control, siendo una diferencia significativa con un valor de $p=0.029$. Menon y colaboradores en 2011 (Menon et al., 2011) analizaron el CFT del extracto metanólico de *C. hadiensis* obteniendo una concentración de 21,89 mg GAE/g de muestra sin elicitar o sin alguna condición de riego previa, el resultado obtenido en este estudio del grupo control fue de 45,318 mg GAE/g de muestra. Esta diferencia puede atribuirse primordialmente al método de preparación de la muestra, ya que, mientras que Menon et al. emplearon secado en horno de vacío, en este trabajo se utilizó el método de liofilización, la cual logra minimizar la degradación termolábil de los fenoles. Adicionalmente, el uso de partes aéreas completas en lugar de solo tallos, y la implementación de una maceración con recambio de solvente, permitieron una recuperación más eficiente de los metabolitos secundarios en comparación con el método descrito por Menon et al. El valor obtenido de CFT para el grupo elicitado se vio incrementado debido a la fitohormona aplicada a las plantas ya que la célula vegetal se vio sometida a un tipo de estrés provocado por el aumento de MeJA en el ambiente celular, activando sus mecanismos de defensa y dando como resultado la inducción de la biosíntesis de compuestos fenólicos. Lo que también podría aumentar la capacidad antioxidante de el extracto de la planta.

2.3. Actividad antioxidante

La capacidad antioxidante determinada por el método de DPPH de ambos grupos (tratado y no tratado) fue expresado como porcentaje de inhibición del radical libre. Como se observa en la figura 2, el grupo elicitado exhibió un porcentaje de inhibición de DPPH mayor que el grupo control. Este incremento en la inhibición del radical está directamente relacionado con el aumento en el CFT del grupo elicitado ya que los compuestos fenólicos actúan como reductores del DPPH donando un átomo de hidrógeno, es decir, una mayor cantidad de fenoles favorece el poder reductor del extracto inactivando en mayor porcentaje un radical libre, siendo estadísticamente significativo con un valor de $p=0,009$. El valor de EC_{50} (concentración efectiva media), definido como la concentración de extracto necesaria para obtener el 50% del efecto antioxidante máximo o la inhibición del radical libre fue

obtenido mediante un análisis de regresión no lineal. Para las plantas control, este valor fue de 600 $\mu\text{g/mL}$, mientras que para las plantas elicidadas se redujo a 200 $\mu\text{g/mL}$, indicando un marcado aumento en la actividad antioxidante después de la elicitación. El incremento en el potencial antioxidante observado en los extractos está directamente relacionado con la adición de MeJA ya que se ha reportado que esta fitohormona aumenta la síntesis de compuestos fenólicos y por tanto la actividad antioxidante (Kim et al., 2007). Talebi M. y colaboradores (Talebi et al., 2018) determinaron la actividad antioxidante del aceite esencial de *Ocimum basilicum* después de una elicitación con MeJA, ellos observaron un incremento en la actividad similar a lo presentado en este estudio. Gracias a la elicitación se obtuvo un aumento en la actividad biológica del extracto metanólico de *C. hadiensis*.

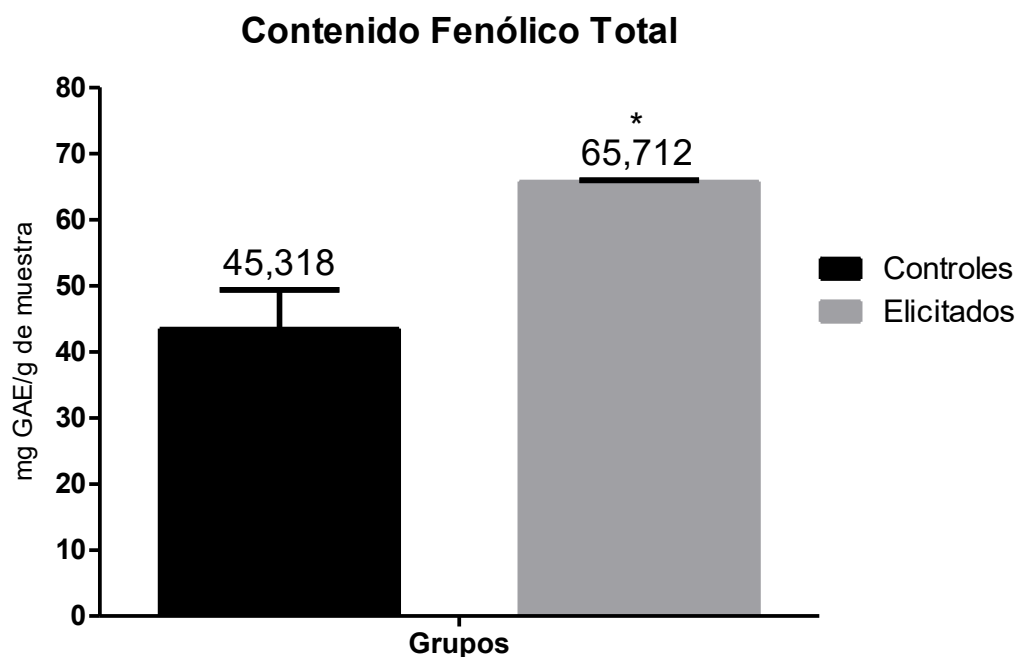


Figura 1. Contenido fenólico total en los extractos de *C. hadiensis*. Los valores se expresan como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg GAE/g) $\pm$ error estándar. * indica una diferencia significativa entre grupos ($P < 0,05$).

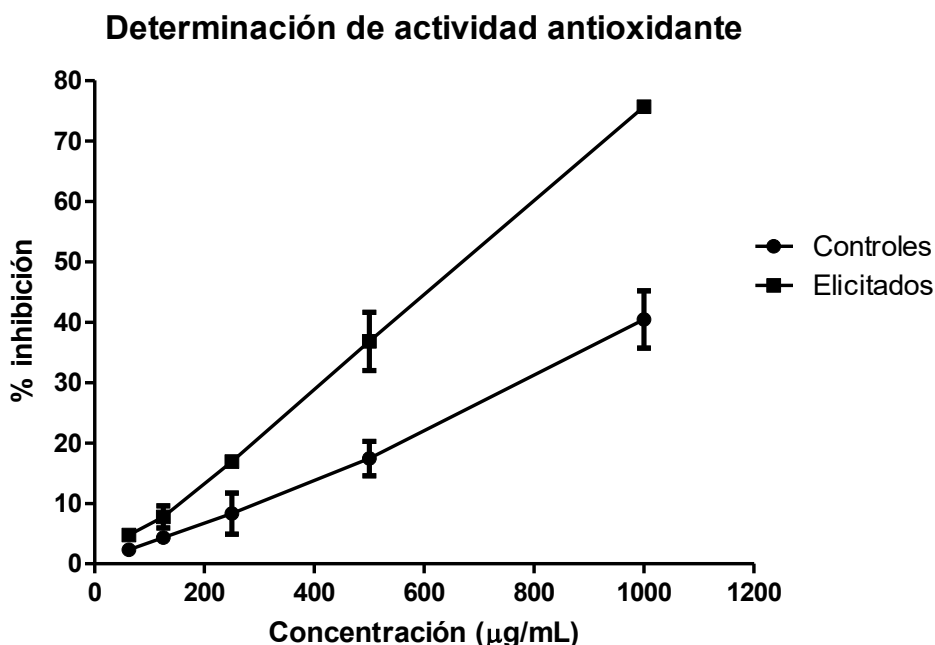


Figura 2. Análisis cuantitativo, determinación de actividad antioxidante

Conclusiones

Este estudio permitió validar el efecto positivo de la elicitación con MeJA sobre el perfil fitoquímico y los efectos bioactivos de *C. hadiensis*. A través del tamizaje cualitativo se confirmó la presencia de fenoles, alcaloides, esteroides y cumarinas, metabolitos secundarios característicos de la familia *Lamiaceae* y reconocidos por su potencial actividad antioxidante. Los análisis cuantitativos proporcionaron evidencia sobre la eficacia de la elicitación. En la cuantificación de compuestos fenólicos se reveló un incremento significativo en la concentración de estos en las plantas tratadas. Esto sugiere que el MeJA activa rutas biosintéticas importantes, mejorando la acumulación de metabolitos secundarios. En relación con el aumento de fenoles, el ensayo de DPPH demostró que el extracto de las plantas elicidadas poseen una capacidad superior para la captura de radicales libres. Esto se reflejó en una mayor tasa de inhibición y en un valor de EC_{50} significativamente menor en comparación con el grupo control, observándose una actividad antioxidante aumentada. Por lo tanto, la aplicación foliar de MeJA es una estrategia viable para potenciar la producción de metabolitos secundarios con actividad biológica en *C. hadiensis*.

Referencias

- Adebayo E. A. Oloke J. K. Aina D. A. and Bora T. C. (2014). Antioxidant and nutritional importance of some *Pleurotus* species. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(4), 289–294.
- Ali, M., Prasad, G., Kumar, S., Nishad, U., & Rathaur, B. (2020). Phytochemical analysis of *Tabernaemontana divaricata*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2), 1283–1291.
- Authinarayanan Rajesh, S. V. S. P. R. S. R. (2021). Medicinal values of a horticultural plant - *Coleus hadiensis* (Forssk.) A. J. Paton. *International Journal of Science Letters*, 3(1), 65–72. doi: 10.38058/IJSL.856837
- Batool, R., Khan, M. R., Sajid, M., Ali, S., & Zahra, Z. (2019). Estimation of phytochemical constituents and in vitro antioxidant potencies of *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R.Br. *BMC Chemistry*, 13(1), 1–15. doi: <https://doi.org/10.1186/s13065-019-0549-z>
- Capecka, E., Mareczek, A., & Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 93(2), 223–226. doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2004.09.020
- Do Nascimento, L. D., de Moraes, A. A. B., da Costa, K. S., Galúcio, J. M. P., Taube, P. S., Costa, C. M. L., Cruz, J. N., Andrade, E. H. de A., & de Faria, L. J. G. (2020). Bioactive Natural Compounds and Antioxidant Activity of Essential Oils from Spice Plants: New Findings and Potential Applications. *Biomolecules*, 10(7), 1–37. doi: 10.3390/BIOM10070988
- Goossens, J., Fernández-Calvo, P., Schweizer, F., & Goossens, A. (2016). Jasmonates: signal transduction components and their roles in environmental stress responses. *Plant Molecular Biology*, 91(6), 673–689. doi: 10.1007/S11103-016-0480-9
- Hossain, M. B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B., & Brunton, N. P. (2010). Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. *Food Chemistry*, 123(1), 85–91. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.04.003
- Jaqueline Moura, D., Francis Richter, M., Marlei Boeira, J., Antonio Pêgas Henriques, J., & Saffi, J. (2007). Antioxidant properties of b-carboline alkaloids are related to their antimutagenic and antigenotoxic activities. *Mutagenesis*, 22(4), 293–302. doi: 10.1093/mutage/gem016
- Kim, H. J., Fonseca, J. M., Choi, J. H., & Kubota, C. (2007). Effect of Methyl Jasmonate on Phenolic Compounds and Carotenoids of Romaine Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10366–10372. doi: 10.1021/JF071927M
- Menon, D. B., Sasikumar, J. M., & Latha, K. (2011). Anti inflammatory and cytotoxic activity of methanolic extract of *Plectranthus hadiensis* stem. *Pharmacologyonline*, 3, 275–282. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/216675059>

Menon D. Sasikumar J M. Latha K. (2012). Phytochemical analysis and antioxidant activity of methanolic extract of *Plectranthus hadiensis* (Forssk.) Schweinf. ex Spreng. aerial parts. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 3(3), 359–365.

Mirjana Marčetić, J. A. (2023). Antioxidant activity of plant secondary metabolites. *Arhiv Za Farmaciju*, 73, 264–277. doi: doi.org/10.5937/arhfarm73-45560

Namdeo A.G. (2007). Plant Cell Elicitation for Production of Secondary Metabolites: A Review. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 69–79.

Phuyal, N., Jha, P. K., Raturi, P. P., & Rajbhandary, S. (2020). Total Phenolic, Flavonoid Contents, and Antioxidant Activities of Fruit, Seed, and Bark Extracts of *Zanthoxylum armatum* DC. *The Scientific World Journal*, 2020, 1–7. doi: https://doi.org/10.1155/2020/8780704

Rahdari, F. G., Shahanipour, K., Monajemi, R., & Adibnejad, M. (2022). Antioxidant and cytotoxic potentials of the methanolic extract of *Teucrium persicum* Boiss. in A-375 melanoma cells. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 12(2), 175–184. doi: 10.22038/AJP.2021.19308

Rahimmalek, M., Afshari, M., Sarfaraz, D., & Miroliaei, M. (2020). Using HPLC and multivariate analyses to investigate variations in the polyphenolic compounds as well as antioxidant and antiglycative activities of some Lamiaceae species native to Iran. *Industrial Crops and Products*, 154, 1–9. doi: 10.1016/J.INDCROP.2020.112640

Resmi Mustarichie, D. R. (2021). ANTIOXIDANT OF *COLEUS SCUTELLARIOIDES* L. WATER EXTRACTS BY DPPH METHOD. *Journal of Bio Innovation*, 10(6), 1725–1732. doi: https://doi.org/10.46344/JBINO.2021.v10i06.23

Safeena, M., & Kalinga, J. (2020). Qualitative and quantitative screening of secondary metabolites in selected medicinal plants of Sri Lanka. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(5), 94–100.

Saggar, S., Mir, P. A., Kumar, N., Chawla, A., Uppal, J., Shilpa, S., & Kaur, A. (2022). Traditional and Herbal Medicines: Opportunities and Challenges. *Pharmacognosy Research*, 14(2), 107–114. doi: 10.5530/PRES.14.2.15

Salazar, J. R., Loza-Mejía, M. A., Soto-Cabrera, D., Rastelli, G., Pellati, F., & Pinzi, L. (2020). Chemistry, Biological Activities and In Silico Bioprospection of Sterols and Triterpenes from Mexican Columnar Cactaceae. *Molecules*, 25(7), 1–34. doi: 10.3390/MOLECULES25071649

Shahzad, N., Khan, W., MD, S., Ali, A., Saluja, S. S., Sharma, S., Al-Allaf, F. A., Abduljaleel, Z., Ibrahim, I. A. A., Abdel-Wahab, A. F., Afify, M. A., & Al-Ghamdi, S. S. (2017). Phytosterols as a natural anticancer agent: Current status and future perspective. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 88, 786–794. doi: 10.1016/J.BIOPHA.2017.01.068

Stefanachi, A., Leonetti, F., Pisani, L., Catto, M., & Carotti, A. (2018). Coumarin: A Natural, Privileged and Versatile Scaffold for Bioactive Compounds. *Molecules: A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 23(2), 1–34. doi: 10.3390/MOLECULES23020250

Talebi, M., Moghaddam, M., & Pirbalouti, A. G. (2018). Methyl jasmonate effects on volatile oil compounds and antioxidant activity of leaf extract of two basil cultivars under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(2), 1–11. doi: 10.1007/S11738-018-2611-1

Thangaraj, P. (2016). Quantification of Secondary Metabolites. *Progress in Drug Research*, 71, 49–55. doi: 10.1007/978-3-319-26811-8_8

Uzma Salam. Shakir Ullah. Zhong-Hua Tang. Ahmed A. Elateeq, Yaseen Khan. Jafar Khan. Asif Khan and Sajid Ali. (2023). Plant Metabolomics: An Overview of the Role of Primary and Secondary Metabolites against Different Environmental Stress Factors. *Life*, 13(3), 1–25. doi: 10.3390/LIFE13030706

Wazir, M. A., Azhar, M. I., Mehmood, Z. A., Qadir, M. I., Khan, M. Y., Siddique, F. A., Shaheer, T., Hussain, W., & Abbas, K. (2020). Pharmacognostic, phytochemical, biological and spectroscopic analyses of Capparis decidua (Forsk.) Edgew root and stem bark. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 19(12), 2667–2675. doi: 10.4314/tjpr.v19i12.27

Yousefian, S., Lohrasebi, T., Farhadpour, M., & Haghbeen, K. (2020). Effect of methyl jasmonate on phenolic acids accumulation and the expression profile of their biosynthesis-related genes in *Mentha spicata* hairy root cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 142(2), 285–297. doi: 10.1007/S11240-020-01856-9

Zhou, W., Shi, M., Deng, C., Lu, S., Huang, F., Wang, Y., & Kai, G. (2021). The methyl jasmonate-responsive transcription factor SmMYB1 promotes phenolic acid biosynthesis in *Salvia miltiorrhiza*. *Horticulture Research*, 8(1), 1–13. doi: 10.1038/S41438-020-00443-5

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Declaración ética

Los autores declaran que el proceso de investigación que dio lugar al presente manuscrito se desarrolló siguiendo criterios éticos, por lo que fueron empleadas en forma racional y profesional las herramientas tecnológicas asociadas a la generación del conocimiento.

Copyright

La **Revista Latinoamericana de Difusión Científica** declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia CreativeCommons

Esta obra está bajo una Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

