

COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE *Plectranthus amboinicus* CULTIVADO CON AGUA TRATADA MAGNÉTICAMENTE
PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF *Plectranthus amboinicus* EXTRACTS CULTIVATED WITH MAGNETICALLY TREATED WATER

Javier Enrique Almenares-Rosales¹, <https://orcid.org/0000-0002-8208-0969>

Yanaisy Pérez-Quintero¹, <https://orcid.org/0000-0003-3197-2809>

Cynthia Ramos-Frómata¹, <https://orcid.org/0000-0003-4581-9223>

Yilan Fung-Boix¹, <https://orcid.org/0000-0002-1600-5231>

Quirino Arias-Cedeño^{2*}, <https://orcid.org/0000-0001-6024-9877>

¹Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

²Centro de Estudios de Química Aplicada, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba

* Autor para la correspondencia: quirinoarias65@gmail.com

Recibido: 11 de julio de 2024

Aprobado: 1 de septiembre de 2024

RESUMEN

Fueron evaluadas las propiedades físico-químicas, la composición fitoquímica cualitativa, el contenido total de fenoles y flavonoides y la actividad secuestradora de radicales libres de extractos de las hojas de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng, cultivados con agua tratada magnéticamente. Los extractos de plantas tratadas, presentaron disminución de su pH, y aumento en la concentración de sólidos totales disueltos. Además, cualitativamente se observó similar composición fitoquímica respecto a sus controles, y se evidenció un aumento estadísticamente significativo de compuestos fenólicos en los extractos tratados, de los cuales los etanólicos tuvieron mayor actividad antirradical. También, se verificó mediante cromatografía de capa fina que todos los extractos presentaron compuestos con actividad antioxidante como quercetina y ácido rosmarínico. Estos resultados mostraron que el riego con agua tratada magnéticamente favoreció la mayor concentración de metabolitos relacionados con la actividad, que incrementan su potencial antioxidante y constituye el primer reporte de la especie cultivada bajo estas condiciones.

Palabras clave: *Plectranthus amboinicus*; fenoles; flavonoides; actividad antioxidante; agua tratada magnéticamente.

ABSTRACT

The physicochemical properties, qualitative phytochemical composition, total phenolic and flavonoid content and free radical scavenging activity of extracts from the leaves of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng grown with magnetically treated water were evaluated. The extracts from treated plants showed a decrease in pH and an increase in the concentration of total dissolved solids. Furthermore, qualitatively a similar phytochemical composition was observed with respect to its controls and a statistically significant increase in phenolic compounds was evident in the treated extracts, of which the ethanolic compounds had greater antiradical activity. Also, it was verified by thin layer chromatography that all extracts presented compounds with antioxidant activity such as quercetin and rosmarinic acid. These results showed that irrigation with magnetically treated water favored the highest concentration of metabolites related to activity, which increase its antioxidant potential and constitutes the first report of the species grown under these conditions.

Keywords: *Plectranthus amboinicus*; phenols; flavonoids; antioxidant activity; magnetically treated water.

INTRODUCCIÓN

El uso de extractos de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades humanas es una práctica antigua, que se ha incrementado significativamente en los últimos años. Entre las enfermedades más frecuentes para las que se utilizan plantas medicinales como tratamiento, se encuentran los problemas gastrointestinales, molestias respiratorias, diabetes, afecciones cutáneas, problemas del sistema nervioso, entre otras.⁽¹⁾

En un estudio etnobotánico realizado en la población de Guerrero, en México, se informa que la familia *Lamiaceae*, antes conocida como *Labiatae*, fue la más utilizada por la comunidad, debido a la alta disponibilidad y actividad biológica reportada de sus especies. Es la sexta familia más grande de las angiospermas, y consta de doce subfamilias, 236 géneros con más de 7 000 especies; se utilizan, comúnmente, para aplicaciones cosméticas y farmacéuticas.⁽²⁾

Una de las especies más documentadas de esta familia es *Plectranthus amboinicus* (Loureiro) Sprengel; conocida comúnmente como borraja india, tomillo español, menta mexicana, orégano cubano u orégano francés, y es una planta carnosa y suculenta, muy popular por su sabor y olor característicos. Crece, de forma natural, en zonas tropicales y regiones cálidas de África, Asia, Australia y América. Es una planta que se ha utilizado para tratar enfermedades como: gripe, bronquitis, epilepsia, asma, estreñimiento, dolor de cabeza, tos, fiebre y enfermedades de la piel. Se le atribuyen propiedades antibacterianas, antifúngicas, antiparasitarias, antivirales, antialérgicas, vasodilatadoras, estrogénicas, anti-inflamatorias, espasmolíticas, antitumorales, entre otras.^(3,4)

Esta gran variedad de propiedades medicinales en una planta, se debe a la existencia de diversos metabolitos secundarios como flavonoides, polifenoles, taninos, terpenos, glucósidos, esteroides, saponinas, alcaloides, entre otro.⁽⁵⁾ La presencia de metabolitos relacionados con propiedades antioxidantes, en particular con capacidad para atrapar radicales libres, favorecen la reducción del estrés oxidativo, proceso asociado con diversas enfermedades como el cáncer, patologías autoinmunes y el envejecimiento.⁽⁶⁾

El estudio del contenido total de fenoles y de flavonoides de extractos de hojas de *P. amboinicus* evidenció su relación con la actividad antioxidante. Los autores refieren que, a medida que aumentó el contenido de estos metabolitos, se incrementó el

porcentaje de inhibición de los radicales libres de 1,1-Difenil-2-Picrilhidrazilo (DPPH), y concluyeron que incide significativamente en la actividad antioxidante de los extractos.⁽⁶⁾

Por otro lado, es conocido que el riego con agua tratada con campos magnéticos estáticos (CME), se ha utilizado recientemente como tecnología agrícola alternativa para estimular efectos positivos en procesos que ocurren en especies vegetales, tales como germinación de la semilla, desarrollo del tallo, incremento de masa fresca, longitud de la planta, rendimiento de frutos por planta, y peso medio del fruto. Elías-Vigaud y col. (2020), evaluaron algunas variables del crecimiento y productividad en el cultivo de *Cucumis sativus* L. (*var.* Market More) con esta tecnología en casa de cultivo semiprotegido obteniendo a inducciones de 60-100 mT la mayor masa de los frutos y crecimiento de las plantas.⁽⁷⁾

La tecnología referida, también ha sido utilizada en el cultivo de plantas medicinales para influir sobre la fisiología y composición físico-química de las mismas, así como aumentar los niveles de metabolitos secundarios y promover su potencial terapéutico; tal como reporta un estudio de Fung-Boix y col. sobre el cultivo de *Rosmarinus officinalis* (romero) irrigado con agua tratada magnéticamente (ATM) a inducciones de 100-150 mT, donde se caracterizaron los componentes bioactivos presentes en la especie; y la tecnología favoreció el crecimiento de la planta, el número de tricomas, la concentración de pigmentos fotosintéticos y el contenido de compuestos polifenólicos.⁽⁸⁾

Sin embargo, en la literatura no existen antecedentes informados sobre el cultivo de *P. amboinicus* irrigados con agua tratada con CME, por lo cual, este trabajo tiene como objetivo evaluar la composición fitoquímica y actividad antioxidante de extractos elaborados a partir de hojas de plantas de *P. amboinicus* irrigadas con esta tecnología durante su cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la parcela experimental y el laboratorio de Biotecnología Vegetal del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) en Santiago de Cuba, y en el Laboratorio de Productos Naturales del Centro de Estudios de Química Aplicada de la Universidad de Granma, desde marzo del 2023 hasta abril de 2024.

Identificación y preparación del material vegetal

La identificación botánica de la especie se realizó en el Centro de Biodiversidad y Ecología (BIOECO) de Santiago de Cuba, donde se depositó un ejemplar registrado con el código BSC 220348.

El cultivo de la especie se realizó en el período de marzo a mayo de 2023, bajo condiciones de temperatura promedio de $29,6 \pm 0,6$ °C, y humedad de $86,3 \pm 10,5$ %. Fueron sembradas las plantas en canteros de 12 m de largo, por 1 m de ancho, y se organizaron dos grupos experimentales: el grupo control recibió el riego con agua no tratada, y el otro grupo fue irrigado con agua tratada con CME.

El riego se realizó una vez al día, en el horario comprendido entre 8:00-9:00 a.m., por 30 min, facilitando así el proceso de transpiración. Para el riego de las plantas del grupo tratado, fue instalado un dispositivo exterior de imanes permanentes no homogéneos, el cual fue diseñado y fabricado en el CNEA, con gradiente medio en un rango de inducción de 100-150 mT.

La recolección de las hojas se realizó al azar, en ambos grupos experimentales. La biomasa recolectada se clasificó con el objetivo de eliminar la parte del material que no reunía las condiciones óptimas para el estudio. Las hojas fueron secadas a 40 °C por cuatro días en estufa (Memmert UN-30, Alemania), con circulación de aire. Una vez seca la droga, fue pulverizada en un molino eléctrico (IKA, modelo MF 10 Basic, Alemania).

Preparación y obtención de extractos *Plectranthus amboinicus* L.

La preparación de los extractos acuosos de las hojas se realizó a partir de 10 g de droga seca de cada grupo experimental, sometidos a decocción en 100 mL de agua destilada por 10 min. Mientras que los extractos etanólicos fueron preparados a partir de 10 g de la droga seca, en un volumen de 100 mL de alcohol 95 % por maceración en zaranda a 150 rpm durante 48 h. Culminada la extracción, los extractos se filtraron con papel de filtro cualitativo No. 2 (7,0 cm de diámetro), se centrifugaron en la centrífuga refrigerada (SIGMA 3-6 kL, Alemania), y fueron concentrados en un rotoevaporador (Heidolph, Alemania) a 60 °C.

Caracterización de los parámetros de calidad de los extractos de *Plectranthus amboinicus* L.

Fueron evaluados parámetros organolépticos, químico-físicos y químicos de los extractos preparados de hojas de *P. amboinicus*. Para la

valoración de las características organolépticas, se observó el color, la transparencia, la presencia de partículas y la separación en capas, llenando un tubo de ensayo bien limpio y seco hasta sus tres cuartas partes. Además, con una tira de papel secante embebida en el extracto, se olió y se determinó si correspondía con las características del producto.⁽⁹⁾

La determinación de sólidos totales en los extractos se realizó siguiendo las especificaciones establecidas,⁽⁹⁾ y la determinación de pH se realizó según la norma cubana 90-13-13,⁽¹⁰⁾ mediante el medidor multiparamétrico (Mettler Toledo GS23, China). Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Para el análisis cualitativo de la composición fitoquímica de los extractos obtenidos de las hojas de *P. amboinicus*, se siguieron técnicas sencillas, rápidas y selectivas para la identificación de las diferentes familias de metabolitos secundarios, según el protocolo propuesto por Thangaraj.⁽⁹⁾

Cuantificación de polifenoles totales

Para la cuantificación del contenido de polifenoles totales, se empleó el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu con modificaciones,⁽¹¹⁾ registrando los valores de absorbancia a 765 nm. Se utilizó un espectrofotómetro Genesys 10 UV, de procedencia estadounidense. Los resultados se expresaron en base a ácido gálico, utilizando una curva de calibración en el rango 0,004 a 0,024 mg/mL, y se calculó mediante la ecuación (1):

$$C. \text{ Extracto} = C. \text{ Equiv. ácido gálico} \times F. \text{ dilución} \quad (1)$$

donde:

C: extracto: concentración de polifenoles del extracto.

C: equiv. ácido gálico: concentración equivalente de dicho ácido.

F. dilución: factor matemático de dilución.

Cuantificación de flavonoides totales

La determinación de los flavonoides totales se realizó por el método colorimétrico del cloruro de aluminio.⁽¹²⁾ Se tomó 0,2 mL de los extractos, y se le añadió 700 µL de etanol al 95 %. Luego 40 µL de cloruro de aluminio, 40 µL de acetato de sodio (1 mol/L) y 5 mL de agua destilada. La disolución se mezcló bien y se leyó a 412 nm en el espectrofotómetro Genesys 10 UV, de procedencia alemana. Los resultados se expresaron como µg de catequina por mL del extracto, a partir de la curva de

calibración obtenida para dicho compuesto, en el intervalo de 2 a 200 $\mu\text{g/mL}$. La concentración de los extractos, se expresó como equivalentes de catequina.

Determinación de actividad antioxidante por reducción del DPPH

La actividad secuestradora del radical DPPH se realizó por el método de Hatano *et al.*,⁽¹³⁾ con modificaciones. Se preparó una solución de DPPH a 0,05 mg/mL en etanol absoluto, una solución de Quercetina (flavonoide patrón) en etanol absoluto a una concentración de 1 mg/mL . Se diluyó el extracto seco en etanol absoluto a una concentración de 1 mg/mL .

A partir de las soluciones de extracto y quercetina (1 mg/mL) se prepararon diluciones a diferentes concentraciones (0,5 a 500 $\mu\text{g/mL}$) y cada una por triplicado. Se adicionaron 500 μL de la solución de DPPH a cada dilución de la muestra y del patrón, y se agitó en Vórtex para homogenizar. La mezcla fue encubada en la oscuridad a temperatura ambiente por 30 min. Luego, la absorbancia se midió a 517 nm en el espectrofotómetro Genesys 10 UV, y el porcentaje de reducción del radical oxidante (% R) se calculó usando la ecuación (2):

$$\% R = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100 \quad (2)$$

donde:

A_0 : absorbancia del control (DPPH en etanol).

A_1 : absorbancia del extracto.

Los valores de la concentración inhibitoria máxima media (CE_{50}) se calcularon a partir de la regresión lineal obtenida graficando la concentración ($\mu\text{g/mL}$) contra % R. El potencial antioxidante es inversamente proporcional al valor CE_{50} , y es un parámetro ampliamente utilizado para medir la eficiencia de eliminación de radicales.

Identificación de metabolitos con actividad antioxidante por Cromatografía de Capa Fina (CCF)

El desarrollo de la cromatografía se realizó en placas de silicagel sobre vidrio (SANPONT) SGF254, de 0,3-0,4 mm de espesor, y 10 x 10 cm de diámetro. Las muestras se aplicaron en la placa a 1 cm de los extremos y entre las muestras. Como eluyente se usó una mezcla de tolueno, acetato de etilo y ácido

fórmico (5:4:1). Se utilizaron como patrones el ácido rosmarínico, la quercetina y el ácido ferúlico.

Para identificar la presencia de los metabolitos en las muestras, se utilizó como revelador DPPH (0,2 g en 100 mL de etanol absoluto). Esta técnica ha sido informada para evaluar la capacidad antioxidante de alimentos y plantas.⁽¹⁴⁾ Para caracterizar la migración del soluto, se calculó el R_f (factor de retención) de las sustancias separadas, el cual se define por la ecuación (3):

$$R_f = \frac{\text{Distancia recorrida por el compuesto}}{\text{Distancia recorrida por el disolvente}} \quad (3)$$

Análisis estadístico

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, y los resultados se expresaron como valores medios y desviación estándar. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el programa Statgraphics Centurion XV. Las diferencias entre muestras se compararon mediante la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se describen las características organolépticas de los extractos de las hojas de *P. amboinicus*. Los acuosos presentaron una tonalidad ámbar oscuro con aspecto traslúcido, y los extractos etanólicos de color ámbar claro amarillento. El olor identificado en ambos fue agradable, característico a las hojas de orégano secas. Se aprecian, además, los parámetros físico-químicos evaluados.

Tabla 1- Caracterización físico-química de extractos acuosos y etanólicos de *P. amboinicus*

Parámetros	EAOC	EAOT	EEOC	EEOT
Características organolépticas	Color: Ámbar oscuro		Color: ámbar claro amarillento	
	Olor: característico		Olor: característico	
pH	Homogeneidad		Homogeneidad	
	5,14 ±	4,76 ±	5,51 ±	4,98 ±
Sólidos totales (mg/mL)	0,01 c	0,02 ab	23,3 ±	27,1 ±
	28,52 ±	31,28 ±	0,48 a	0,28 a

Leyenda: EAOC: Extracto Acuoso de Orégano Control; EAOT: Extracto Acuoso de Orégano Tratado; EEOC: Extracto Etanólico de Orégano; EEOT: Extracto Etanólico de Orégano Tratado. Los datos representan el promedio \pm desviación estándar de tres réplicas. Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), para la prueba de Tukey.

Los valores de pH de todos los extractos de *P. amboinicus* se mantuvieron ligeramente ácidos en el rango de $5,51 \pm 0,01$ - $4,76 \pm 0,23$. Al analizar los resultados de pH obtenidos para cada grupo del mismo solvente, se observó similar comportamiento; la tendencia fue el descenso de los valores de pH en los extractos de plantas irrigadas con ATM, con diferencia estadísticamente significativa respecto a sus controles. Igualmente, en relación con los valores de pH obtenidos entre los grupos con diferentes solventes, existió diferencia estadísticamente significativa, siendo el extracto en etanol 95 % del grupo control el de mayor valor numérico.

Estos resultados difieren de los encontrados por Rodríguez *et al.*⁽¹⁵⁾ y Elias *et al.*,⁽¹⁶⁾ los que arrojaron que en extractos de plantas de *Origanum majorana* L. y de *Cucumis sativus* L., que fueron irrigadas con ATM con similar inducción magnética, se observó un aumento de los valores del pH. Sin embargo, este efecto de la aplicación del ATM en cultivos, según reportan Arias *et al.*,⁽¹⁷⁾ puede generar variaciones de incremento o disminución de los valores del pH de los extractos, en dependencia de la dosis de inducción implementadas, y las condiciones ambientales. Esto, a su vez, puede generar cambios en la fisiología de las plantas, que favorecen o no la producción de metabolitos secundarios, su crecimiento y desarrollo. Se ha demostrado que el campo magnético puede alterar la concentración de iones de hidrógeno y la actividad enzimática que afectan el pH.⁽¹⁸⁾

Por otro lado, la ligera acidez de los extractos propicia una mejor solubilidad de principios activos presentes en la planta, y hace que compuestos ácidos como los polifenoles y las hidroquinonas, con grupos fenólicos y carboxilos, presenten un comportamiento más estable en la preparación⁽¹⁷⁾ Se ha demostrado, que dichos compuestos en medio alcalino pueden sufrir una degradación oxidativa, siendo el pH por debajo 5,0 el de mejor estabilidad⁽¹⁸⁾ Por lo antes expuesto, se puede inferir, que la aplicación de ATM en el cultivo del orégano tuvo un efecto positivo, lo cual contribuye a una mayor estabilidad y calidad a los extractos.

Los extractos acuosos presentaron los valores más altos de las concentraciones de los sólidos totales (ST); para el tratamiento control fueron de 28,52 mg/mL, y para el tratamiento con campo magnético de 31,28 mg/mL, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. El análisis estadístico arrojó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los extractos etanólicos; y además

diferencias significativas entre ambos tipos de extracciones. Se evidencia que el contenido de ST disueltos en los extractos de hojas tratadas con ATM fue mayor para los dos solventes, siendo más favorecido el porcentaje en el acuoso, lo que puede estar relacionado con la naturaleza polar de los metabolitos extraídos. Este resultado está en correspondencia con los reportados por otros autores⁽¹⁵⁾ para extractos de *Origanum majorana* L. cultivadas con tratamiento magnético.

Caracterización fitoquímica cualitativa

Los ensayos realizados para la caracterización fitoquímica de los extractos acuosos revelaron cualitativamente abundancia de alcaloides y presencia de saponinas, fenoles y taninos, flavonoides y cumarinas. Igualmente, en los extractos etanólicos, se comprobó la presencia de estos metabolitos y además de azúcares reductores y de triterpenos y esteroides (tabla 2). Este resultado coincide con los antecedentes reportados por la literatura para esta especie.⁽³⁾

Tabla 2- Caracterización fitoquímica de extractos acuosos y etanólicos de hojas de *P. amboinicus*

Metabolitos	Ensayos	EAOC	EAOT	EEOC	EEOT
Alcaloides	Dragendorff	++	++	++	++
	Mayer	++	++	++	++
	Wagner	++	++	++	++
Saponinas	Espuma	+	+	-	-
Fenoles y taninos	Cloruro férrico	+	+	+	+
	Ácido sulfúrico conct.	+	+	+	+
Flavonoides	Shinoda	+	+	+	+
	Álcalis	+	+	+	+
	Rosemheim	+	+	+	+
Azúcares Reductores	Fehling	-	-	+	+
Cumarinas	Baljet	+	+	+	+
Aminoácidos	Ninhidrina			-	-
Quinona	Borntrager			-	-
Triterpenos y esteroides	Solkowski			+	+
	Lieberman-Burchard			+	+1

Leyenda: EAOC: Extracto Acuoso de Orégano Control; EAOT: Extracto Acuoso de Orégano Tratado; EEOC: Extracto Etanólico de Orégano; EEOT: Extracto Etanólico de Orégano Tratado. (-) negativo: ausencia de metabolito secundario; (+) positivo: presencia del metabolito secundario; (++) muy positivo: presencia muy marcada del metabolito secundario.

Resultó de gran interés, que los ensayos realizados a los extractos analizados, identificaron la presencia de las mismas familias de metabolitos en su

composición. Por tanto, se corroboró que el uso del ATM en una dosis de 100-150 mT, no excluye o elimina la presencia de familias de compuestos bioactivos de la planta; similar resultado fue informado en un estudio de aplicación de ATM en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).⁽¹⁹⁾

Las familias de metabolitos secundarios cualitativamente identificados en los extractos de las hojas de *P. amboinicus*, como los fenoles, taninos, flavonoides y cumarinas, pueden estar relacionados con la actividad farmacológica informada en la literatura para esta especie, en particular con su potencial antioxidante.

Contenido de fenoles y flavonoides totales

En la figura 1 se muestran los resultados de la determinación del contenido total de fenoles (A) y de flavonoides (B) en los extractos estudiados. Al comparar el comportamiento del contenido de fenoles totales en los grupos del mismo solvente, se observa un alza en los grupos tratados con diferencia estadística significativa entre los acuosos, no así entre los etanólicos. Resultado similar se obtuvo en el estudio de plantas de tomate irrigados con ATM. Los autores refieren que la mejor extracción de compuestos fenólicos fue en el extracto acuoso de frutos de las plantas que recibieron tratamiento.⁽¹⁹⁾

Asimismo, en la figura 1(B), donde se representa la concentración de flavonoides, se aprecia similar efecto de incremento con diferencia estadísticamente significativa, tanto entre los grupos del mismo solvente como entre los de diferente solvente, siendo los de mayor contenido de estos metabolitos los extractos etanólicos, en particular los extractos de las hojas de plantas cultivadas con irrigación con ATM.

membrana celular, lo que resulta en un metabolismo celular alterado. Estos procesos podrían ser causados por cambios en las propiedades físicas y químicas del agua de riego después de la aplicación de un campo magnético estático.⁽²⁰⁾

Determinación de la actividad inhibitoria del DPPH

En la tabla 3, se comparan los valores de CE₅₀ de la actividad inhibitoria del DPPH de los extractos de *P. amboinicus*. Entre los grupos con el mismo solvente, no se observó diferencia estadísticamente significativa, pero sí entre los grupos de diferentes solventes, siendo los extractos etanólicos los de mayor actividad inhibitoria del radical.

Aunque entre ambos extractos etanólicos no se apreció diferencia estadísticamente significativa, el menor valor numérico del extracto etanólico tratado lo destaca como el de mejor potencial antioxidante. Esta inferencia está dada debido a una relación inversamente proporcional existente entre el parámetro usado para medir la eficacia de secuestro del radical DPPH y la actividad antioxidante.⁽⁸⁾

El aumento de la actividad captadora de radicales DPPH puede estar relacionado con el mayor contenido en compuestos fenólicos, medidos en las hojas de plantas irrigadas con ATM, respectivamente. En la literatura se comenta, que existe una correlación significativa entre la actividad antioxidante y el contenido fenólico total. Estos metabolitos secundarios desempeñan diversas funciones biológicas en las plantas, y son los responsables de la actividad antioxidante.⁽²¹⁾

Tabla 3- Actividad inhibidora del DPPH de los extractos de hojas de *Plectranthus amboinicus* L.

Extractos	EAOT	EAOC	EEOT	EEOC
CE ₅₀	8,91 ±	11,24 ±	5,48 ±	5,78 ±
(µg/mL)	3,41 a	0,80 ab	1,60 ac	2,69 ac

Leyenda: EAOC: Extracto Acuoso de Orégano Control; EAOT: Extracto Acuoso de Orégano Tratado; EEOC: Extracto Etanólico de Orégano; EEOT: Extracto Etanólico de Orégano Tratado. Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05), para la prueba de Tukey

Es importante destacar, que en los extractos etanólicos fue detectada la presencia de triterpenos y esteroides, que en los acuosos no estaban presentes (tabla 2), y que pueden incrementar la actividad antioxidante total de los extractos etanólico.⁽²²⁾ Por otro lado, la actividad antioxidante de los extractos depende no solo de la actividad de los metabolitos que posee, sino

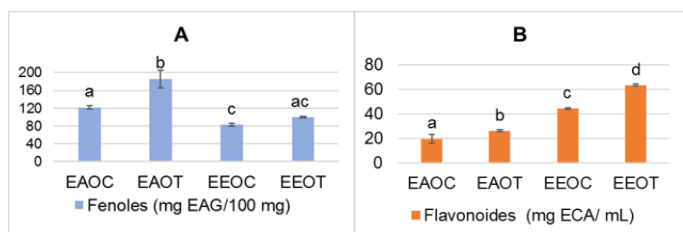


Fig. 1- Contenido de fenoles (A) y flavonoides totales (B) en los extractos de hojas de *P. amboinicus*. EAOC: Extracto Acuoso de Orégano Control; EAOT: Extracto Acuoso de Orégano Tratado; EEOC: Extracto Etanólico de Orégano; EEOT: Extracto Etanólico de Orégano Tratado

Leyenda: Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05), para la prueba de Tukey.

El incremento de los niveles del contenido de metabolitos secundarios en las plantas tratadas podría estar relacionado con un efecto del ATM sobre la

que puede ser influenciada, además, por el disolvente de extracción utilizado.⁽²³⁾ De ahí que, por ejemplo, la actividad de extractos en acetona o metanol sea superior a la encontrada en extractos acuosos, que por su mayor polaridad poseen menor capacidad para solubilizar los compuestos fenólicos presentes en las matrices vegetales, lo cual puede incidir también en la mayor actividad antioxidante de los extractos etanólicos de este estudio.

Por otra parte, la actividad antioxidante de los extractos estudiados se analizó teniendo en cuenta una clasificación, basada en los CE_{50} de los extractos vegetales, donde se consideran de alto potencial antioxidante aquellos extractos con valores menores a $30 \mu\text{g/mL}$, con potencial moderado en el rango entre $30 \mu\text{g/mL}$ y $100 \mu\text{g/mL}$, y de bajo potencial antioxidante aquellos con un CE_{50} por encima de $100 \mu\text{g/mL}$.⁽²³⁾ La capacidad antioxidante de los extractos acuosos y etanólicos frente al radical DPPH, medida en CE_{50} , varió entre $11,24 \pm 0,80 \mu\text{g/mL}$, y $5,48 \pm 1,60 \mu\text{g/mL}$; lo cual indica un alto potencial antioxidante, según la clasificación antes citada.

Estimación de la actividad antioxidante por CCF

Para identificar la presencia de analitos con actividad antioxidante en los extractos estudiados, se desarrolló una CCF, utilizando como patrones el ácido ferúlico, quercetina y ácido rosmarínico. La figura 2 muestra el revelado de la placa cromatográfica de los extractos de *P. amboinicus* y los patrones.

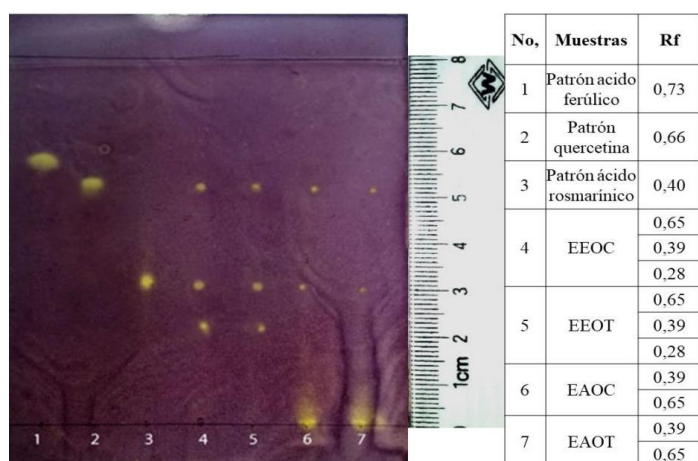


Fig. 2- Cromatograma revelado de los extractos acuosos y etanólicos de hojas de *P. amboinicus*

Como se puede observar, tanto los patrones como los extractos mostraron la coloración típica de la reacción de una sustancia antioxidante frente al reactivo DPPH. En los extractos etanólicos y acuosos se detectó la presencia del ácido rosmarínico y de la quercetina, ya

que mostraron valores Rf muy similares a los patrones utilizados, respectivamente. También, en todos los extractos etanólicos se detectó un compuesto con $Rf = 0,28$, el cual no pudo ser identificado. La presencia de este metabolito puede contribuir a la mayor actividad antioxidante determinada para estos extractos.

La presencia de estos compuestos fenólicos en los extractos coincide con los resultados de otros autores,⁽²⁴⁾ los que mediante, cromatografía líquida de alta resolución, cuantificaron que el ácido rosmarínico fue el compuesto de mayor concentración en un extracto de orégano. La presencia de quercetina en el extracto fluido de *P. amboinicus* fue reportada recientemente mediante CCF con similar Rf.⁽²⁵⁾

CONCLUSIONES

El cultivo de *P. amboinicus* irrigado con agua tratada con un campo magnético estático entre 100 y 150 mT, no provoca cambios en la composición fitoquímica cualitativa de los extractos acuosos y etanólicos de las hojas de la especie, evidenciándose presencia de alcaloides, saponinas, fenoles, taninos, flavonoides y cumarinas. Se corroboró, que el uso del ATM en el cultivo favorece el incremento del contenido de fenoles y flavonoides totales en los extractos, lo que influye en su mayor actividad antioxidante. De los extractos evaluados, el extracto etanólico tratado con ATM posee mayor eficacia para el secuestro de radicales libres DPPH, mostrando el mayor potencial antioxidante. Estos resultados constituyen el primer reporte de la composición fitoquímica de extractos de las hojas de esta especie cultivada bajo estas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LÓPEZ GAMBOA, Y.; ARTEAGA YANEZ, Y.; ORTEGA GUEVARA, N. M. "Educación Sanitaria en una Comunidad Vulnerable mediante el uso de Plantas Medicinales. Caso Sabanilla". *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip.* 2023, 7(2), 3913-3926. Doi: <https://doi.org/10.37811/clremv7i2.5618>
- SOTELO LEYVA, C. *et al.* "Estudio etnofarmacológico y fitoquímico de las plantas medicinales de mayor uso en Julián Blanco, Guerrero, México". *Acta Agrícola y Pecu.* 2022, 8(1), 1-13. Doi: <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081012>
- ARUMUGAM, G.; SWAMY, S. M.; SINNIHAH, U. "*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical,

- Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance". *Molecules*. 2016, **21**(4), 369-395. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules21040369>
4. KUMAR, P.; SINGH, S.; KUMAR, N. "Plectranthus amboinicus: a review on its pharmacological and pharmacognostical studies". *Am J Physiol Biochem Pharmacol*. 2020, **10**(2), 55-62. Doi: <https://doi.org/10.5455/ajpbp.20190928091007>
5. UNNIMAYA, P. S.; AISWARYA LASKSMI, A. G.; RESHMA, K. V. "Neuropharmacological and supporting activities-based review of *Plectranthus Amboinicus* (Lour.) spreng". *World J Pharm Res*. 2023, **12**(3), 531-540. Doi: <https://doi.org/10.20959/wjpr20233-27093>
6. AKINWUNMI, O. A.; ADEKEYE, D. K.; OLAGBOYE, S. A. "Phytochemical quantification, in vitro antioxidant and antidiabetic potentials of methanol and dichloromethane extracts of *Triclisia subcordata* (Oliv) leaves". *Trends Phytochem Res*. 2020, **4**(1), 17-24. Doi: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12913>
7. ELÍAS VIGAUD, Y. *et al.* "Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada". *Cienc en su PC*. 2020, **1**, 75-86. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107006/181363107006.pdf>
8. FUNG BOIX, Y. *et al.* "Assessment of the antioxidative potential of *Rosmarinus officinalis* L. (*Lamiaceae*) irrigated with static magnetic field-treated water". *Brazilian Arch Biol Technol*. 2020, **63**, e20190142. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020180142>
9. THANGARAJ, P. *Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products*. Cham (Suiza): Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-26810-1.
10. PEDRO VALDÉS, S.; VALDIVIA MEDINA, R. Y.; RAMÍREZ GUANCHE, O. "Aseguramiento metrológico de las mediciones de pH y de conductividad electrolítica en Cuba". *Boletín Científico Técnico INIMET*. 2009, **1**, 7-12. <https://www.redalyc.org/pdf/2230/223015189003.pdf>
11. ERENLER, R. *et al.* "Isolation and identification of chemical constituents from *Origanum majorana* and investigation of antiproliferative and antioxidant activities". *J Sci Food Agric*. 2016, **96**(3), 822-836. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7155>
12. KOSALEC, I. *et al.* "Quantitative analysis of the flavonoids in raw propolis from northern Croatia", *Acta Pharm* [Internet]. 2004, **54**(1), 65-72. <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/pharma:1377>
13. HATANO, T. *et al.* "Two new flavonoids and other constituents in Licorice root: their relative astringency and radical scavenging". *Chem Pharm Bull* [Internet]. 1988, **36**(6), 2090-2097. https://www.jstage.jst.go.jp/article/cpb1958/36/6/36_6_2090/pdf
14. GUIJA POMA, E. *et al.* "Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante". *Horiz Med*. 2015, **15**(1), 57-60. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727558X2015000100008&lng=es&lng=es
15. RODRÍGUEZ, A. O. *et al.* "Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua magnetizada". *Rev Cub Quím*. 2018, **30**(3), 454-469. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212018000300007&script=sci_arttext&tlng=en
16. ELIAS, Y.; FUNG BOIX, Y.; RODRÍGUEZ, P. "Efecto del tratamiento magnético en la calidad del pepino". *Rev Obs Ciencias Soc en Iberoamérica*. 2022, **3**(18), 14-30. <https://www.eumed.net/es/revistas/observatorio-de-las-ciencias-sociales-en-iberoamerica/ocsi-enero-22/tratamiento-magnetico>
17. ARIAS, S. *et al.* "Influencia del campo magnético en el suelo y en los cultivos de Rábano (*Raphanus sativus*)". *UGCiencia*. 2021, **21**(1), 10-16. Doi: <https://doi.org/10.18634/UGCJ.27V.11.1128>
18. MENDOZA, J.; BONILLA, R.; OSORIO, P. "El efecto del magnetismo en el pH: una revisión bibliográfica". *Universidad Ciencia & Sociedad*. 2021, **22**(2), 41-44. <https://universidad-ciencia-y-sociedad.com/ucs/index.php/ucsarticle/download/Art.+Original+Magnetismo+en+el+ph+revisión+sistemática.pdf>
19. FERRER-DUBOIS, A. E. *et al.* "Determinación fitoquímica de frutos de *Solanum lycopersicum* L. irrigados con agua tratada con campo magnético estático". *Rev Cub Quím* . 2018, **30**(2), 232-242. e-ISSN: 2224-5421. https://www.redalyc.org/journal/4435/443557939005/443557939_005.pdf
20. FUNG-BOIX, Y. *et al.* "Magnetically treated water on phytochemical compounds of *Rosmarinus officinalis* L". *Int J Environ Agric Biotechnol*. 2018, **3**(1), 297-303. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants12020340>

21. BARANAUSKAITE, J. *et al.* “The influence of different oregano species on the antioxidant activity determined using HPLC postcolumn DPPH method and anticancer activity of carvacrol and rosmarinic acid”. *BioMed Res Int.* 2017, **2017**(1), 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1155/2017/1681392>
22. WILLY FERNANDO, C. V.; MATULEVICH, J. A.; CASTRILLÓN, W. F. “Triterpenos y esteroides de *Salvia leucantha* (*Lamiaceae*) y evaluación de su capacidad antioxidante”. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.* 2014, **10**(1), 68-79. e-ISSN: 2500-5316 <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/340/136>
23. ESPINOZA CÓRDOVA, G. *et al.* “Caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante del extracto de *Vaccinium floribundum* kunth “pushgay”. *Rev Soc Quím Perú.* 2023, **89**(3), 182-192. Doi: <https://doi.org/10.37761/rsqpv89i3.437>
24. STASIŃSKA JAKUBAS, M. *et al.* “Comparative effects of two forms of chitosan on selected phytochemical properties of *Plectranthus amboinicus* (Lour.)”. *Molecules.* 2023, **28**(1), 376-391. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules28010376>
25. ACOSTA MARTÍNEZ, D. R.; MORALES ZAMORA, M.; VILLANUEVA RAMOS, G. “Obtención de extracto fluido de *Plectranthus amboinicus* (orégano) utilizando el método de agitación mecánica”. *Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry.* 2021, **78**(592), 41-47. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/385610>

DECLARACIÓN CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos entre los autores.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Enrique Almenares Rosales: adquisición e interpretación de datos y escritura.

Yanaisy Pérez Quintero: adquisición e interpretación de datos.

Cynthia Ramos Frómata: adquisición e interpretación de datos.

Yilán Fung Boix: Concepción de la investigación y escritura.

Quirino Arias Cedeño: Concepción de la investigación, revisión y aprobación final del artículo.