

## Comparación fitoquímica y antioxidante de extractos de hojas de *Coriandrum sativum* L. (cilantro)

Phytochemical and antioxidant comparison of *Coriandrum Sativum* L. (cilantro) leaf extracts

Ingrid Márquez Hernández<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1629-6657>

Carmita Gladys Jaramillo Jaramillo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3745-8635>

Mercedes Campo Fernández<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9835-6886>

Osmany Cuesta Rubio<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9490-8735>

Lisbeth Nubia Matute Castro<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6707-4341>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala, Ecuador

\*Autor para la correspondencia: [imarquez@utmachala.edu.ec](mailto:imarquez@utmachala.edu.ec)

### RESUMEN

**Introducción:** *Coriandrum sativum* L. se utiliza por sus propiedades medicinales y como condimento alimenticio, se cultiva en diferentes zonas geográficas y condiciones que pueden influir en su composición química y potencialidades medicinales o nutricionales.

**Objetivo:** Comparar composición química y potencial antioxidante de extractos de hojas de *Coriandrum sativum* L, procedentes de diferentes orígenes geográficos y condiciones de cultivo.

**Métodos:** Se analizaron extractos hidroalcohólicos y acuosos de hojas, con diferentes procedencia y condiciones de cultivo. Los estudios químicos se desarrollaron mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a detectores de arreglo de diodo y espectrómetro de masas. La cuantificación de fenoles totales se realizó por método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante frente al 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, se determinó por concentración inhibitoria media y cinética de la reacción.

**Resultados:** El análisis químico por cromatografía líquida de alta eficiencia permitió establecer semejanzas cromatográficas entre muestras estudiadas e identificar 6 aminoácidos y 13 compuestos de naturaleza fenólica. Los resultados al determinar la concentración de fenoles y capacidad antioxidante mostraron diferencias entre tipos de extractos y muestras testadas, aunque en todos los casos se constataron elevados valores. En la mayoría de las muestras no se pudo correlacionar actividad antioxidante con contenido de fenoles, pero sí evidenciar diferencias en la cinética de la reacción antioxidante.

**Conclusiones:** Los estudios químicos permitieron identificar fundamentalmente aminoácidos y compuestos fenólicos. La determinación de la capacidad antioxidante desarrollada permitió establecer que, a pesar de las diferencias detectadas entre las muestras, todas presentaron una elevada actividad antioxidante.

**Palabras clave:** *Coriandrum sativum*; aminoácidos; fenoles; actividad antioxidante.

## ABSTRACT

**Introduction:** *Coriandrum sativum* L. is used for its medicinal properties and as a food condiment. It is grown in different geographical areas and conditions that can influence its chemical composition and medicinal or nutritional potential.

**Objective:** To compare the chemical composition and antioxidant potential of *Coriandrum sativum* L. leaf extracts from different geographical origins and growing conditions.

**Methods:** Hydroalcoholic and aqueous extracts of leaves with different origins and growing conditions were analyzed. Chemical studies were carried out using high-efficiency liquid chromatography coupled to diode array detectors and mass spectrometer. The quantification of total phenols was performed by the Folin-Ciocalteu method and the antioxidant capacity against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil was determined by mean inhibitory concentration and kinetics of the reaction.

**Results:** Chemical analysis by high-efficiency liquid chromatography allowed to establish chromatographic similarities between studied samples and identify 6 amino acids and 13 phenolic compounds. The results of the determination of

phenol concentration and antioxidant capacity showed differences between the types of extracts and the samples tested, although high values were found in all cases. In most of the samples, antioxidant activity could not be correlated with phenol content, but differences in the kinetics of the antioxidant reaction could be observed.

**Conclusions:** Chemical studies allowed the identification of amino acids and phenolic compounds. The determination of the antioxidant capacity developed allowed us to establish that, despite the differences detected between the samples, all of them presented a high antioxidant activity.

**Keywords:** *Coriandrum sativum*; amino acids; phenols; antioxidant activity.

Recibido: 21/11/2022

Aceptado: 15/05/2023

## Introducción

Las plantas medicinales constituyen una fuente importante de principios activos usados en diversos medicamentos, debido a sus metabolitos secundarios.<sup>(1,2,3)</sup> *Coriandrum sativum* L. es una planta de la familia Apiaceae originaria del mediterráneo. Todas sus partes se utilizan con fines terapéuticos y algunas de ellas con fines nutricionales.<sup>(4,5)</sup> Entre sus componentes químicos se encuentran: alcaloides, fenoles, saponinas y ácidos grasos.<sup>(6,7)</sup>

Ecuador presenta un alto índice de consumo de esta planta, principalmente con fines alimenticios. Las provincias del país que más producen *C. sativum* L son Pichincha, Imbabura, Carchi, Bolívar y Tungurahua.<sup>(8)</sup> La especie se cultiva en diferentes zonas geográficas y en diferentes condiciones, aspectos que pueden influir en su composición química y por tanto en sus potencialidades medicinales o nutricionales.<sup>(9)</sup>

La diversidad geográfica del Ecuador, el elevado consumo de esta especie por parte de la población y la introducción de nuevas condiciones de cultivo para desarrollarlo, motivó el desarrollo de este estudio con el objetivo de comparar la

composición química y el potencial antioxidante de extractos acuosos e hidroalcohólicos de las hojas de *C. sativum*, procedentes de diferentes orígenes geográficos y condiciones de cultivo.

## Métodos

La especie *C. sativum* L. fue identificada y herborizada en el Herbario Guay de la Universidad de Guayaquil, Ecuador, por la Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc.

Se emplearon las hojas y se trabajaron 4 muestras:

- Muestra CQ1: Quito (Igiñaro), cultivada bajo invernadero.
- Muestra CQ2: Quito (Igiñaro), cultivada a la intemperie.
- Muestra CE3: Contiene mezclas de plantas de diversa localización, cultivadas bajo invernadero y a la intemperie.
- Muestra CM4: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, cultivada a la intemperie.

El material vegetal fue lavado con agua corriente y desinfectado (disolución a 25 ppm de hipoclorito de sodio) y su secado se desarrolló en una estufa (Memmert) a 38 °C, con ventilación de aire.

La droga cruda fue triturada en un molino artesanal Magrico, utilizando una criba de 1 mm. Se pesaron 40 g de las muestras secas y se prepararon extractos hidroalcohólicos 50:50 (v/v) con etanol y acuosos, utilizando 500 ml de los menstruos, extraídos en un baño ultrasónico (Ultrasonic Bath 5.7 L, Fisher Scientific), a una temperatura de 40 °C, durante 30 min. Los extractos obtenidos se filtraron a través de papel filtro y se concentraron en un rotaevaporador a 40 °C (HEIDOLH, Laborota 4001 efficient).

Para los estudios por cromatografía líquida de alta resolución (CLAE-UV-EM), se pesaron 10 mg de extractos hidroalcohólicos en una balanza analítica (Ohaus), y se diluyeron con 500 µl de metanol grado CLAE al 40 % (v/v).

Posteriormente se realizó una extracción en fase sólida empleando una columna C18 con 5 g de fase estacionaria (Merck) que se eluyó con metanol al 40 % (v/v) y posteriormente con metanol.

El primer eluato se concentró a sequedad, y se disolvió en metanol grado CLAE (2 ml), siendo filtrado a través de un filtro de 0,2 µm e introducido en el cromatógrafo. Se utilizó un sistema Ultimate 3000 RS (Thermo Scientific, USA) con detector de arreglo de diodos (DAD), acoplado a un espectrómetro de masas y LTQ XL (Thermo Scientific). Se utilizó un flujo de 0,4 ml/ min, volumen de inyección de 2 µL, voltaje de ionización 5,0 KV, temperatura del capilar 225 °C, flujo de gas principal/auxiliar 34/5 (unidades arbitrarias). La columna utilizada fue C18 (Accucore RP-MS), mientras que la fase móvil empleada fue acetonitrilo (B) y agua acidulada (D: ácido fórmico 0,1 %).

Las fracciones se analizaron tanto en modo ion positivo como en negativo.

Los experimentos "Full Scan" se realizaron en el rango de 100-1000 Da en modo dependiente para obtener los espectros EM/EM.

La determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Singleton,<sup>(10)</sup> con algunas modificaciones. Se tomaron 50 µl de extractos de las muestras o patrón, 2,5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu (Merck) al 10 % y 450 µl de agua destilada. Las mezclas se agitaron y se dejaron en reposo por 5 min. Luego se adicionaron 2 ml de carbonato de sodio al 7,5 % (m/v), se agitaron y se dejaron reposar por 2 h. La lectura de la absorbancia se realizó en un espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 201/ 220 UV-Visible) a 765 nm.

La concentración de fenoles totales de los extractos se calculó a partir de la curva de calibración obtenida del ácido gálico (Aldrich), a concentraciones entre 0,1 a 0,5 mg/ ml.

La determinación de la capacidad antioxidante se realizó empleando el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), a través del método descrito por Liu<sup>(11)</sup> con algunas modificaciones. Se preparó una disolución metanólica de DPPH (Merck) a una concentración 0,1 mM. Se prepararon disoluciones de los extractos a concentraciones de 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; y 0,5 mg/ ml.

Se tomó de cada dilución 500 ul y se le agregaron 1,5 ml de DPPH, se homogenizaron y almacenaron a temperatura ambiente y protegidas de la luz por 30 min.

Luego, se midió su absorbancia a 516 nm en el espectrofotómetro.

El porcentaje de inhibición de DPPH se determinó con la siguiente fórmula:

$$\%DPPH = A_{Cont.} - A_{Mstr.} * \frac{100}{A_{Control}} \quad (1)$$

Donde:

A<sub>Cont</sub> = absorbancia del control (DPPH 0,1 mM).

A<sub>Mstr</sub> = absorbancia de la muestra (Muestra + DPPH 0,1mM).

Se determinó la concentración inhibitoria media (CI<sub>50</sub>).

Para la determinación de la cinética de la reacción entre las muestras y el radical DPPH, se empleó la metodología descrita por *Barrón y Jabbari*,<sup>(12,13)</sup> con algunas modificaciones.

Se elaboró una curva de calibración a partir de disoluciones a diferentes concentraciones de DPPH (0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 y 0,1 mM). La absorbancia se midió a 516 nm en el espectrofotómetro.

Se prepararon disoluciones metanólicas a partir de los extractos secos (1 mg/ ml, 1,5 mg/ ml y 2 mg/ ml). De cada disolución se tomaron 100 ul y se le adicionaron 3,9 ml de DPPH a una concentración de 0,05 mg/ ml. Se midieron las absorbancias a intervalos de 1 min, concluyendo a los 30 min.

La concentración del DPPH remanente se calculó a partir de la ecuación 2.

$$DPPH_{remn} = \frac{Abs.DPPH=0 - n}{m} \quad (2)$$

Donde:

Abs.DPPH=0 es la absorbancia obtenida en el tiempo cero.

n y m se encuentran representadas en la ecuación de la regresión lineal.

Para el porcentaje de DPPHremn se empleó la siguiente ecuación 3:

$$\%DPPHremn = \frac{DPPH_{rmn} + 100}{DPPH = 0} \quad (3)$$

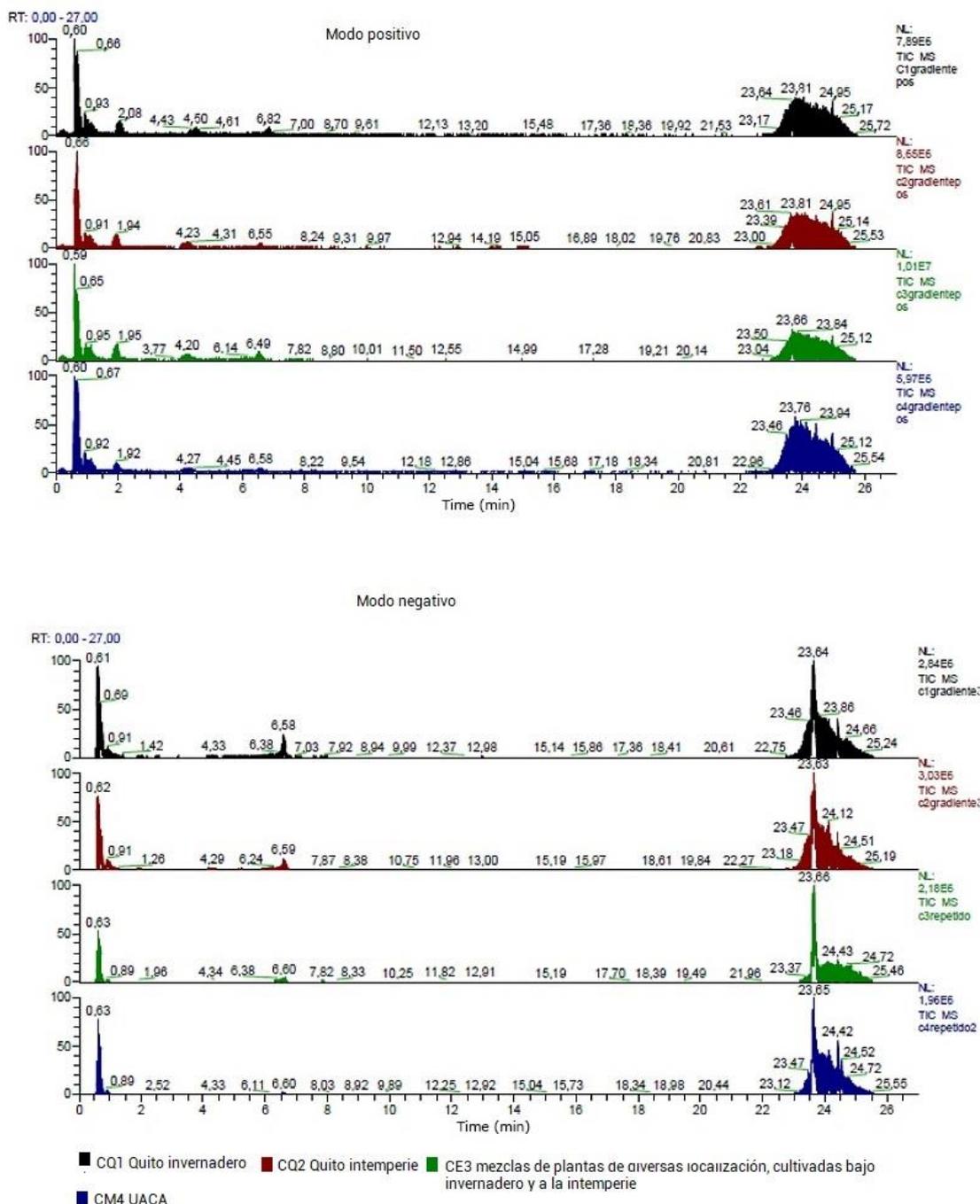
En los tres últimos experimentos, las lecturas se realizaron por triplicado y se empleó como blanco el metanol.

Los parámetros estadísticos se determinaron a través de *software* estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I. Se aplicó un análisis de varianza de un factor y pruebas de rangos múltiples.

## Resultados

### Cromatografía líquida de alta eficiencia- espectrometría de masas (CLAE-EM)

El primer eluato, obtenido con metanol al 40 % a partir de la extracción en fase sólida comentada con anterioridad, se inyectó en un cromatógrafo líquido de alta eficacia. Los cromatogramas de masas de la principal corriente iónica obtenidas para las cuatro muestras, tanto en modo positivo como negativo, se muestran en la figura 1.



**Fig. 1** - Cromatogramas de la principal corriente de extractos hidroalcohólicos de muestras de *Coriandrum sativum* L. (cilantro).

Los compuestos identificados por CLAE-EM tanto en modo ion positivo como negativo se muestran en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1** - Compuestos identificados en extractos hidroalcohólicos de *Coriandrum sativum* L. (modo ion positivo) y espectros EM/EM

No.	Tr	[M+H] <sup>+</sup> m/z	EM/EM	CQ1	CQ2	CE3	CM4	Compuesto sugerido
1	0,7	116	70 (-46)	+	+	+	+	Prolina
2	0,84	118	72 (-46)	+	-	+	+	Valina
3	0,98	182	165 (-17)	+	-	+	+	Tirosina
4	1,15	132	86 (-46)	+	+	-	-	Leucina
5	1,99	166	120 (-46)	+	+	+	+	Fenilalanina
6	4,49	205	188 (-17)	+	-	+	+	Triptófano

CQ1 Quito invernadero; CQ2 Quito intemperie; CE3 Supermercado; CM4 UACA. (+) Detectado. (-) No detectado.

Tr: tiempo de retención expresado en minutos.

Fuente: Thiele y otros,<sup>(14)</sup> Konieczna y otros,<sup>(15)</sup> Takana y otros,<sup>(16)</sup> Lee y otros.<sup>(17)</sup>

**Tabla 2** - Compuestos identificados en extractos hidroalcohólicos de *Coriandrum sativum* L. (modo ion negativo) y datos de espectros EM/EM

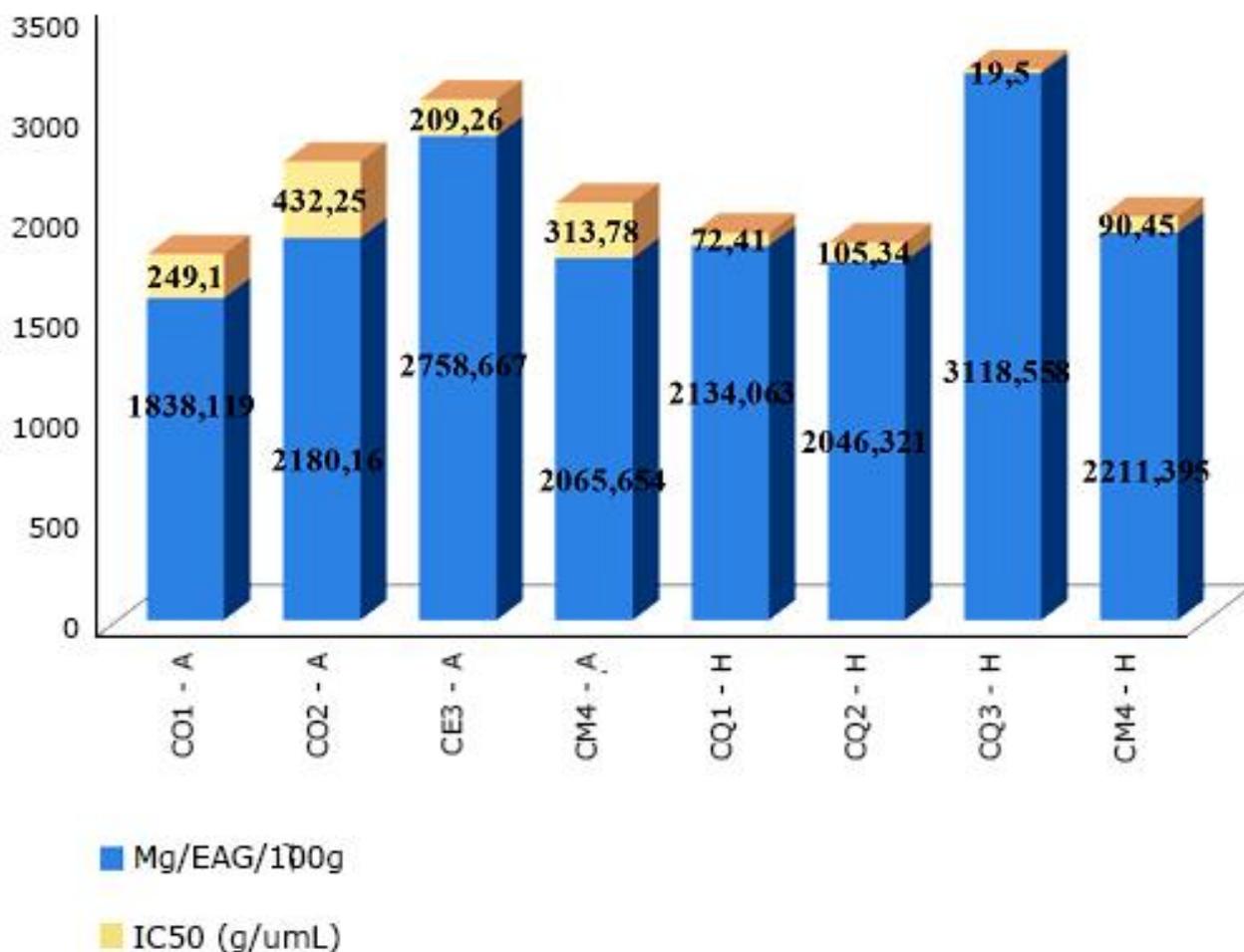
N°	Tr	[M-H] m/z	EM/EM m/z	CQ1	CQ2	CE3	CM4	Compuesto sugerido
1	1,63	283	151	-	+	+	-	Acetina
2	6,24	369	189	+	+	+	-	Dimetoxicinnamoil
3	8,51	163	119	+	+	+	+	hexosido;
4	10,48	593	431	+	-	-	-	Ácido p-cumárico
5	12,08	341	179	-	-	+	-	Kaemferol 3-O-β-glucopiranosil-7-O-α-rhamnopiranosido
6	13,26	355	193	+	+	+	+	Ácido cafeico hexósido
7	16,22	387	207	+	+	-	+	Ácido ferúlico hexósido
8	18,59	367	191	+	+	-	+	Medioresinol
9	23,54	609	301	+	+	+	+	Ácido 5-feruloilquinico
10	23,63	477	301	+	+	+	+	Rutina (Quercetin-3-O-rutinosido)
11	23,75	593	285	-	-	+	+	Quercetina hexósido
12	24,23	301	257	-	-	+	-	Kaemferol-3-O-rutinosido
13	25,24	285	267	+	+	-	+	Luteolina

CQ1 Quito invernadero; CQ2 Quito intemperie; CE3 Supermercado; CM4 UACA. (+) Detectado. (-) No detectado.

Tr: tiempo de retención.

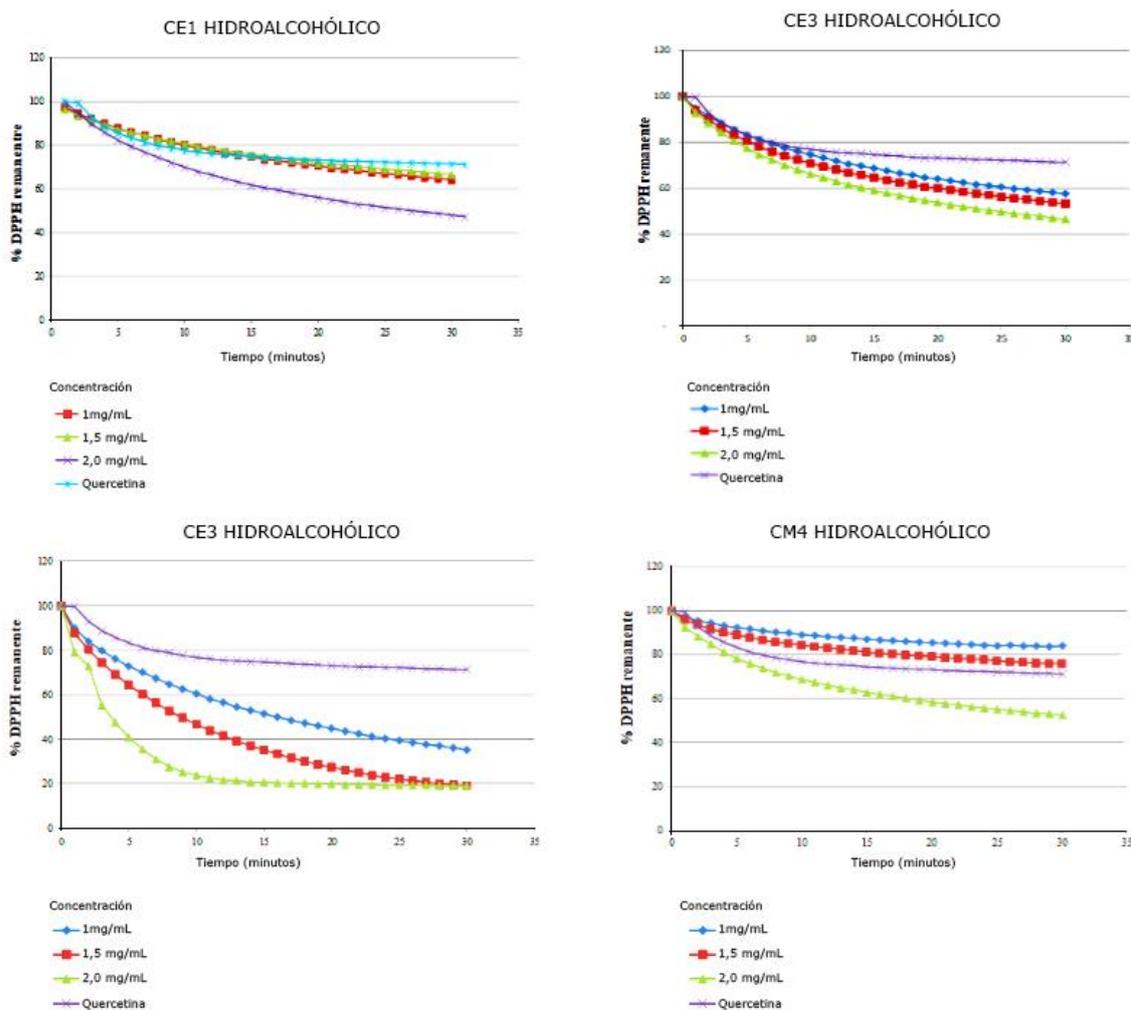
## Determinación de contenido de fenoles y capacidad antioxidante

La determinación de compuestos fenólicos relacionados con los  $CI_{50}$  de los extractos acuosos e hidroalcohólicos de las cuatro muestras trabajadas y los resultados de los estudios cinéticos se muestran en las figuras 2 y 3. Se evidenciaron diferencias significativas en todas las determinaciones



CQ1-A Quito invernadero; CQ2 Quito intemperie  
 CE3 mezclas de plantas de diversa localización, cultivadas bajo invernadero y a la intemperie; CM4 UACA  
 A: extracto acuoso, B: extracto hidroalcohólico

**Fig. 2 -** Relación entre el contenido de compuestos fenólicos y el  $CI_{50}$  de los extractos acuosos e hidroalcohólicos de las muestras.



CQ1 Quito invernadero; CQ2 Quito intemperie; CE3 Supermercado; CM4 UACA.

**Fig. 3 -** Cinética de la reacción con DPPH para los extractos hidroalcohólicos de las muestras objeto de estudio.

## Discusión

El análisis conjunto de la figura 1 y la tabla 1 evidenciaron que las muestras presentan similitud en la presencia de aminoácidos, apariencia de cromatogramas y valores de tiempos de retención de compuestos mayoritarios.

El valor impar del  $[M+H]^+$  (205, Tr= 4,49 min) confirmó la existencia de dos átomos de nitrógeno y sugirió al triptófano; el espectro EM/EM mostró un pico base, asociado a la pérdida de 17 Da  $[M+HNH_3]^+$  coincidente con lo reportado para este compuesto <sup>(17)</sup>

La tirosina, por su parte, mostró igual patrón de fragmentación del triptófano, pero su ion pseudomolecular  $[M+H]^+$  a m/z 182, definió la diferencia estructural.

Mientras que la identificación de la valina, fenilalanina, leucina y prolina se dedujo a partir de la coincidencia de las masas moleculares inferidas, esperadas, y la pérdida de 46 Da desde el ion pseudomolecular, observada en el espectro EM/EM que caracteriza a estos aminoácidos y que se justifica por el ion fragmento  $[M+H-H_2O-CO]^+$ .<sup>(16,17,18)</sup>

El resto de señales que no lograron ser identificadas podrían pertenecer a péptidos u otros aminoácidos no esenciales, lo cual se justifica por las condiciones de detección ensayadas y las pérdidas detectadas.<sup>(16,17,18)</sup> Se sugiere la existencia de gran variedad de este tipo de compuesto en todas las muestras estudiadas. De acuerdo a los resultados, la presencia de aminoácidos avala la utilización de *Coriandrum sativum* L. como suplemento nutricional, potenciando además su uso culinario.

Los aminoácidos detectados en este estudio no se reportan en la literatura consultada.<sup>(16,17,18)</sup>

Los cromatogramas obtenidos en el modo negativo para los cuatro extractos (fig. 1) muestran, igualmente a lo discutido para el modo positivo, una similitud impresionante. Las diferencias encontradas resultan lógicas dada la elevada complejidad que presentan los extractos vegetales y la variabilidad que caracteriza a la composición química de las especies vegetales.<sup>(19,20,21)</sup>

El análisis estructural se realizó sobre la base de sus masas moleculares, las características de los espectros EM/EM y por comparación con lo reportado en la literatura<sup>(19,20,21)</sup>

Los resultados que se muestran en la tabla 2, reflejan la presencia de ácidos fenólicos y flavonoides glicosilados. Estos últimos constituyeron las señales mayoritarias constatadas en todas las muestras (a partir de los 23 minutos, fig. 1, modo positivo). Se observó la presencia de ácido cumárico, rutina y hexósidos del ácido ferúlico y quercetina (probablemente glucósidos) en todos los extractos. Estos resultados son además consistentes con las condiciones de alta polaridad de los extractos estudiados.<sup>(19,20,21)</sup> La presencia de luteolina, glicósidos de kaemferol y quercetina, rutina y glicósidos del ácido ferúlico se han detectado en estudios similares.<sup>(22)</sup>

El análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia espectrometría de masas permitió establecer semejanzas cromatográficas entre las muestras estudiadas e identificar la existencia de 6 aminoácidos y 13 compuestos de naturaleza fenólica en las diferentes muestras. A partir de estos resultados, se podría sugerir que el origen geográfico y las condiciones de cultivo estudiadas, no alteran cualitativamente la composición de los compuestos ionizables (en las condiciones de ensayo), presentes en los extractos. Se recomienda profundizar en la caracterización química, con vistas a identificar otros de los componentes detectados.

Para muestras de igual procedencia, existieron mayores concentraciones de compuestos fenólicos en los extractos hidroalcohólicos respecto a los acuosos (CQ1, CE3 y CM4), (fig. 2).

Dentro de iguales tipos de extractos, hubo diferencias tomando en consideración el origen geográfico y las condiciones de cultivo. Se sugiere que el contenido de fenoles si sufre variaciones cuando cambian las condiciones de cultivo, la procedencia y el tipo de extracto con que se trabaja. Se recomienda trabajar con extractos hidroalcohólicos si se pretende obtener mayor cantidad de fenoles.

El contenido de fenoles en alimentos de origen vegetal puede presentar variaciones debido a factores como genética de las plantas, composición del suelo, condiciones de desarrollo edad de la planta y el tratamiento pos cosecha. También influye el método de extracción (tipo y volumen de disolvente, temperatura y tamaño de partícula).<sup>(23,24)</sup>

Se considera que las variaciones de los compuestos fenólicos pudieran atribuirse fundamentalmente a los factores: composición del suelo, condiciones de desarrollo, edad de la planta y el método de extracción.

Estudios realizados en extractos hidroalcohólicos de la especie, reportan valores entre 2186,7 y 2523 mg EAG/100 g de droga,<sup>(23,24)</sup> similares a los obtenidos como resultado de esta investigación.

En la figura 2 se evidencia que los extractos hidroalcohólicos de todas las muestras presentan mayor actividad secuestradora de radicales libres que los extractos acuosos. En extractos alcohólicos de la especie se ha determinado el Cl50, reportando valores semejantes a los del presente estudio.<sup>(25)</sup>

La elevada actividad secuestradora de radicales libres que presentaron los extractos hidroalcohólicos de *Coriandrum sativum* L., en particular la muestra CE3, sugieren que la especie posee un gran potencial antioxidante, y se justifica por la presencia de ácido cumárico, cafeico y derivados del ferúlico. En un estudio,<sup>(25)</sup> en el cual se detectaron estos compuestos, justifica plenamente los resultados, mientras que los glicósidos de quercetina detectados, también pueden contribuir a dicha actividad.<sup>(25,26)</sup>

La integración de los resultados de ambos experimentos permite señalar que, los extractos procedentes del supermercado (CE3) mostraron la mayor cantidad de compuestos fenólicos y la mayor capacidad antioxidante.

No se pudo establecer, para el resto de las muestras, una relación directa entre los compuestos fenólicos cuantificados y los valores de CI50; siendo valorado en la literatura,<sup>(26)</sup> que no solo los compuestos fenólicos son capaces de actuar como secuestradores de radicales libres, al plantearse que, dentro de las interferencias reportadas para el método de Folin-Ciocalteu, se encuentran los azúcares y los aminoácidos, compuestos que se identificaron en las muestras ensayadas

A pesar de las diferencias detectadas entre las muestras estudiadas, todas presentaron una buena actividad antioxidante por lo que resultan recomendables, en principio, para esos fines, tras haberse demostrado que la ingesta de alimentos con efectos antioxidantes, resulta protectora contra enfermedades cardiovasculares, degenerativas, infecciosas, cáncer y contra el envejecimiento.<sup>(26)</sup>

No obstante, sería interesante valorar la capacidad antioxidante de los extractos a partir de otros mecanismos de acción.

Los estudios que involucran la determinación de la cinética de reacción con el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), clasifican el desempeño antioxidante de los extractos y fracciones como antioxidantes:<sup>(12)</sup>

- de cinética rápida: si la reacción para llegar al estado estacionario (meseta) se produce en menos de 5 min.
- de cinética intermedia: si la reacción para llegar al estado estacionario se produce entre 5 y 30 min.

- de cinética lenta: si la reacción para llegar al estado estacionario se produce a partir de los 30 min.

Como se constata en la figura 3, todos los extractos ensayados (a excepción del extracto de la muestra procedente del supermercado a concentraciones de 1,5 y 2 mg/ml, y que sería clasificada como antioxidante de cinética intermedia), no logran llegar al estado estacionario a los 30 min. Esto permite sugerir que las muestras presentaron una cinética lenta.

También se constató que, a excepción de la muestra procedente de Quito cultivada en invernadero, se produce una velocidad de reacción mayor en la medida que aumenta la concentración de los extractos. Se visualizó un comportamiento cinético similar de todos los extractos respecto al de la quercetina.

Respecto al porcentaje de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) remanente se puede comprobar que en los casos de las muestras CE3 a 1,5 y 2 mg/ ml se logró inhibir el 87 y 79 % del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), respectivamente. Estos resultados son muy alentadores y comparables a antioxidantes como el ácido cumárico y la vainillina.<sup>(12)</sup>

Se concluye que los estudios químicos permitieron identificar fundamentalmente aminoácidos y compuestos fenólicos, mientras que la determinación de la capacidad antioxidante desarrollada permitió establecer que, a pesar de las diferencias detectadas entre las muestras, todas presentaron una elevada actividad antioxidante.

## Referencias bibliográficas

1. Adejoke HT, Hitler L, Oluwatobi A, Apebende G. A review on classes, extraction, purification and pharmaceutical importance of plants alkaloid. J. Med. Chem. I Sci. 2019;2(4):130-9. DOI: [10.26655/jmchemsci.2019.8.2](https://doi.org/10.26655/jmchemsci.2019.8.2)
2. Verma, R. A review on hepatoprotective activity of medicinal plants. J Med Plants Stud. 2018; 6(1): 188-90. DOI: [10.13040/IJPSR.0975-8232.2\(3\).501-15](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(3).501-15)
3. Samai I, Remita F, Bekkouche A, Chalane F, Amri N, Nebbache S, *et al.* Importance of Natural Plants in Human Health. Eco. Env. & Cons. 2022 [acceso

- 09/10/2023];28(Jan Suppl.):s617-s21 Disponible en: <http://www.envirobiotechjournals.com/EEC/v28jansuppli2022/EEC-86.pdf>
4. Wei J, Liu Z, Zhao Y, Zhao L, Xue T, Lan Q. Phytochemical and Bioactive Profile of *Coriandrum sativum* L. Food Chem. 2019;286:260-7. DOI: [10.1016/j.foodchem.2019.01.171](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171)
5. Nishio R, Tamano H, Morioka H, Takeuchi A, Takeda A. Intake of heated leaf extract of *Coriandrum sativum* contributes to resistance to oxidative stress via decreases in heavy metal concentrations in the kidney. Plant Foods Hum Nutr. 2019;74(2): 204-9. DOI: [10.1007/s11130-019-00720-2](https://doi.org/10.1007/s11130-019-00720-2)
6. Wei J, Liu H, Zhao P, Zhao L, Xue K, Lan Q. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. Food Chem. 2019;286:260-7. DOI: [10.1016/j.foodchem.2019.01.171](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171)
7. Mahleyuddin N, Moshawih S, Ming L, Zulkifly H, Kifli N, Loy, Goh P. *Coriandrum sativum* L: A Review on Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Cardiovascular Benefits. Molecules. 2021;27(1):209. DOI: [10.3390/molecules27010209](https://doi.org/10.3390/molecules27010209)
8. Simbañas A. Evaluación agronómica del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.), con tres densidades de siembra utilizando fertilización química, fertilización orgánica y sin fertilización en la provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia de Tumbaco. [Tesis]. [Ecuador]: UEB. 2012 [acceso 09/10/2023]. Disponible en: <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1017>
9. Ashok A. Performance of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) var. CO (CR) 4 under different growing environment and seasons. International Research Journal on Advanced Science Hub. 2019 [acceso 09/10/2023];3:87-90. Disponible en: [https://www.rpsciencehub.com/article\\_15589\\_69cacb\\_7c273cb8fc332492306210cd5a.pdf](https://www.rpsciencehub.com/article_15589_69cacb_7c273cb8fc332492306210cd5a.pdf)
10. Singleton V, Orthofer R, Lamuela-Raventós R. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. Methods Enzymol. 1999;299:152-78. DOI: [10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
11. Liu L, Sun Y, Liang X, Ye H, Zeng X. Determination of Polyphenolic Content and Antioxidant Activity of Kudingcha Made from *Ilex Kudingcha* C.J. Tseng. Food Chem. 2009;112(1):35-41. DOI: [10.1016/j.foodchem.2008.05.038](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.038)

12. Barrón R, García R, Soto M, Colinas T, Kite G. Flavonoides y actividad antioxidante de *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev. *Rev. Fitotec. Mex.* 2011 [acceso 09/10/2023];34(3):151–7. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802011000300005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000300005)
13. Jabbari M, Jabbari A. Antioxidant potential and DPPH radical scavenging kinetics of water-insoluble flavonoid naringenin in aqueous solution of micelles. *Colloids Surf.* 2016;489:392-9. DOI [10.1016/j.colsurfa.2015.11.022](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2015.11.022)
14. Thiele B, Hupert M, Santiago-Schübel. Direct analysis of underivatized amino acids in plant extracts by LC-MS/MS (improved method). En: Michail A. Alterman Editor. *Amino Acid Analysis*. 2da ed. New York: Humana Press Estados Unidos; 2019. p. 403-14.
15. Konieczna L, Pyszka M, Okońska M, Niedźwieck, M, Bączek T. Bioanalysis of underivatized amino acids in non-invasive exhaled breath condensate samples using liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A.* 2018;1542:72-81. DOI [10.1016/j.chroma.2018.02.019](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.02.019)
16. Takano Y, Furota S, Ogawa O, Ohkouchi N. Analytical Development of Underivatized Amino Acids and Short-Chain Peptide Molecules. In 82nd Annual Meeting of the Meteoritical Society. 2019 [acceso 09/10/2023];82(2157):6217. Disponible en: <https://www.hou.usra.edu/meetings/metsoc2019/pdf/6217.pdf>
17. Lee J, Lee S, Kim B, Kwon S, Cha E. Direct quantitation of amino acids in human serum using a stepwise-dilution strategy and a mixed-mode liquid chromatography-tandem mass spectrometry method. *Mass Spectrometry Letters.* 2018;9(1):30-6. DOI: [10.5478/MSL.2017.9.1.30](https://doi.org/10.5478/MSL.2017.9.1.30)
18. Bheemanapally K, Ibrahim M, Briski P. High performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometric (LC-ESI-MS) methodology for analysis of amino acid energy substrates in microwave-fixed microdissected brain tissue. *J. Pharm. Biomed Ana.* 2020;184:113-23. DOI: [10.1016/j.jpba.2020.113123](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113123)
19. Oniszczyk A, Olech M, Oniszczyk T, Wojtunik-Kulesza K. Extraction methods, LC-ESI-MS/MS analysis of phenolic compounds and antiradical properties of functional food enriched with elderberry flowers or fruits. *Arab J Chem.* 2019;12(8):4719-30. DOI: [10.1016/j.arabjc.2016.09.003](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.09.003)

20. Tlili N, Sarikurkcu T, Ceylan O, Sarikurkcu C. *Onosma polyantha* vs. *Onosma mollis*: Analysis of phenolic compounds using liquid chromatography–electrospray ionization tandem mass spectrometry (LC-ESI-MS/MS) and assessment of the antioxidant activity. *Anal Lett.* 2020;54(9):1389-1400. DOI: [10.1080/00032719.2020.1803348](https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1803348)
21. Affes S, Ben A, Frikha D, Allouche N, Treilhou M, Tene N, *et al.* ESI-MS/MS analysis of phenolic compounds from *Aeonium arboreum* leaf extracts and evaluation of their antioxidant and antimicrobial activities. *Molecules.* 2021;26(14):4338. DOI: [10.3390/molecules26144338](https://doi.org/10.3390/molecules26144338)
22. Salehi B, Abu-Reidah M, Sharopov F, Karazhan N, Sharifi-Rad J, Akram M, *et al.* *Vicia* plants-A comprehensive review on chemical composition and phytopharmacology. *Phytother Res.* 2021;35(2):790-809. DOI: [10.1002/ptr.6863](https://doi.org/10.1002/ptr.6863)
23. Hameed S, Imran A, Nisa M, Arshad S, Saeed F, Arshad U, *et al.* Characterization of extracted phenolics from black cumin (*Nigella sativa* linn), coriander seed (*Coriandrum sativum* L.), and fenugreek seed (*Trigonella foenum-graecum*). *Int. J. Food Prop.* 2019;22(1):714-26. DOI: [10.1080/10942912.2019.1599390](https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1599390)
24. Nhut P, Quyen N, Truc T, Minh V, An T, Anh T. Preliminary study on phytochemical, phenolic content, flavonoids and antioxidant activity of *Coriandrum sativum* L. originating in Vietnam. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2020;991(1):012022. DOI: [10.1088/1757-899X/991/1/012022](https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012022)
25. Ahmed H, Abadi S, Mohammed M. Phytochemical screening, chemical composition and antioxidant activity of seeds essential oil of *Coriandrum sativum* L. from the Sudan. *Int. J. Herb. Med.* 2018 [acceso 09/10/2023];6(1):1-4. Disponible en: <https://www.florajournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartA/6-3-18-122.pdf>
26. Muñoz-Bernal Ó, Torres-Aguirre GA, Núñez-Gastélum JA, de la Rosa LA, Rodrigo-García J, Ayala-Zavala JF, *et al.* Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas.* 2017;20(2):23-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.003>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### **Contribuciones de autores**

*Conceptualización:* Ingrid Márquez Hernández, Carmita Gladys Jaramillo Jaramillo.

*Curación de Datos:* Ingrid Márquez Hernández, Carmita Gladys Jaramillo Jaramillo.

Mercedes Campo Fernández, Osmany Cuesta Rubio.

*Análisis formal:* Lisbeth Nubia Matute Castro.

*Adquisición de fondos:* Carmita Gladys Jaramillo Jaramillo.

*Investigación y Metodología:* Ingrid Márquez Hernández, Carmita Gladys Jaramillo.

Jaramillo, Mercedes Campo Fernández, Osmany Cuesta Rubio.

*Administración del proyecto:* Ingrid Márquez Hernández, Carmita Gladys Jaramillo Jaramillo.

*Supervisión, Visualización, Redacción:* Ingrid Márquez Hernández.

*Redacción, Revisión y Edición:* Ingrid Márquez Hernández, Mercedes Campo Fernández, Osmany Cuesta Rubio.