

Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales

Bioactive compounds and antioxidant activity of essential oils in leaves of medicinal plants

Compostos bioativos e atividade antioxidante de óleos essenciais em folhas de plantas medicinais

Taipe Pardo, Fredy; Huaraca Aparco, Rosa; Merino Quispe, Isaac; Flores Pacheco, Niki Franklin; Agreda Cerna, Henry Wilfredo; Quispe Chipana, Salvador

 **Fredy Taipe Pardo**
ftaipe@unajma.edu.pe
Universidad Nacional José María Arguedas, Perú

 **Rosa Huaraca Aparco**
rhuaraca@unajma.edu.pe
Universidad Nacional José María Arguedas, Perú

 **Isaac Merino Quispe**
imerino@unajma.edu.pe
Universidad Nacional José María Arguedas, Perú

 **Niki Franklin Flores Pacheco**
nflores@unamba.edu.pe
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú

 **Henry Wilfredo Agreda Cerna**
hagreda@unajma.edu.pe
Universidad Nacional José María Arguedas, Perú

 **Salvador Quispe Chipana**
salvador.quispe@unsaac.edu.pe
Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco, Perú

Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA

Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia
ISSN: 2664-0902
ISSN-e: 2664-0902
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 7, núm. 21, 2023
editor@revistaalfa.org

Recepción: 04 Agosto 2023
Aprobación: 25 Agosto 2023
Publicación: 25 Septiembre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404632004/>

Resumen: Los antioxidantes naturales han suscitado un interés creciente para su uso en la industria alimentaria. **Objetivo.** La investigación tuvo como objetivo determinar los componentes bioactivos y actividad antioxidante del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) y la borraja (*Borago officinalis*). **Materiales y Métodos.** El aceite esencial se obtuvo mediante destilación a vapor, se logró determinar el rendimiento de extracción, densidad relativa, índice de éster, índice de refracción y el porcentaje de solubilidad en solución de etanol. Los componentes bioactivos se determinaron a través de la cromatografía de masa (GC-MS), finalmente se determinó la actividad antioxidante mediante el método de radicales libres 2,2-difenil-1-picrylhidracil (DPPH). **Resultados.** Los rendimientos de extracción variaron de 0,29 a 0,43%, con una tasa de extracción positiva de 0,0367 %/ psi, densidad alrededor de 0,996 (g/ml) con resultados similares para presiones de extracción de 8 y 10 psi en ambas especies, con un índice de refracción de 1,52 para el aceite esencial y 1,33 hidrolatos y un aumento de la acidez con presión de extracción de 2,69 a 5,46 mg KOH/g. La capacidad antioxidante en las dos muestras fueron diferentes entre 14,258 a 017.030 $\mu\text{mol TEAC/ml}$ mostrando una diferencia con la presión de extracción. En los aceites esenciales de la especie *Piper. aduncum* fue posible identificar 24 componentes químicos a para *Borago officinalis*, ambas especies presentadas como componentes principales para apiol en las tres presiones de extracción de un total de (14%). **Conclusiones.** Son una fuente componentes bioactivos que promueven las potencialidades antimicrobianas y antioxidantes para su uso como conservantes de alimentos.

Palabras clave: Aceite esencial, Cromatografía, Actividad antioxidante, Rendimiento de aceite.

Abstract: Natural antioxidants have attracted increasing interest for use in the food industry. **Objective.** The research aimed to determine the bioactive components and antioxidant activity of matico (*Piper aduncum*) and borage (*Borago*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional.

officinalis) essential oils. **Materials and Methods.** The essential oil was obtained by steam distillation, and the extraction yield, relative density, ester index, refractive index and the percentage of solubility in ethanol solution were determined. The bioactive components were determined by mass chromatography (GC-MS), and finally the antioxidant activity was determined by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazide (DPPH) free radical method. **Results.** The extraction yields ranged from 0.29 to 0.43%, with a positive extraction rate of 0.0367 %/ psi, density around 0.996 (g/ml) with similar results for extraction pressures of 8 and 10 psi in both species, with a refractive index of 1.52 for the essential oil and 1.33 hydrolates and an increase in acidity with extraction pressure from 2.69 to 5.46 mg KOH/g. The antioxidant capacity in the two samples were different between 14.258 to 017.030 $\mu\text{mol TEAC/ml}$ showing a difference with extraction pressure. In the essential oils of *Piper. aduncum* species it was possible to identify 24 chemical components to for *Borago officinalis*, both species presented as main components for apiol in the three extraction pressures out of a total of (14%). **Conclusions.** They are a source of bioactive components that promote antimicrobial and antioxidant potentialities for use as food preservatives.

Keywords: Essential oil, Chromatography, Antioxidant activity, Oil yield.

Resumo: Os antioxidantes naturais têm atraído cada vez mais interesse para uso na indústria alimentícia. **Objetivo.** O objetivo da pesquisa foi determinar os componentes bioativos e a atividade antioxidante dos óleos essenciais de matico (*Piper aduncum*) e borragem (*Borago officinalis*). **Materiais e métodos.** O óleo essencial foi obtido por destilação a vapor, o rendimento da extração, a densidade relativa, o índice de éster, o índice de refração e a solubilidade percentual em solução de etanol foram determinados. Os componentes bioativos foram determinados por cromatografia de massa (GC-MS) e, finalmente, a atividade antioxidante foi determinada pelo método do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). **Resultados.** Os rendimentos da extração variaram de 0,29 a 0,43%, com uma taxa de extração positiva de 0,0367 %/ psi, densidade em torno de 0,996 (g/ml) com resultados semelhantes para pressões de extração de 8 e 10 psi para ambas as espécies, com um índice de refração de 1,52 para o óleo essencial e 1,33 para os hidrolatos e um aumento na acidez com a pressão de extração de 2,69 a 5,46 mg KOH/g. A capacidade antioxidante nas duas amostras foi diferente entre 14,258 e 017,030 $\mu\text{mol TEAC/ml}$, mostrando uma diferença com a pressão de extração. Nos óleos essenciais da espécie *Piper. aduncum*, foi possível identificar 24 componentes químicos em relação ao *Borago officinalis*, ambas as espécies apresentaram como componentes principais o apiol nas três pressões de extração, em um total de (14%). **Conclusões.** São uma fonte de componentes bioativos que promovem potencialidades antimicrobianas e antioxidantes para uso como conservantes de alimentos.

Palavras-chave: Óleo essencial, Cromatografia, Atividade antioxidante, Rendimento do óleo.

INTRODUCCIÓN

Perú es uno de los 12 países con mayor diversidad biológica, con aproximadamente el 10% de la flora mundial, estimada en 25.000 especies, 30 de las cuales son endémicas (1). Existe un interés creciente en las sustancias bioactivas y las propiedades antioxidantes de los ingredientes alimentarios naturales que podrán utilizarse en las industrias alimentarias. Es bien sabido que los aceites esenciales de las hierbas medicinales tienen actividad biológica (2). Los aceites esenciales son productos vegetales naturales que contienen una mezcla compleja, por lo tanto, tienen múltiples propiedades antimicrobianas (3). Son los componentes de los grupos más importantes de materias primas para las industrias alimentaria, farmacéutica, de perfumería y afines (4). Estos metabolitos secundarios y odoríferos de las hojas de plantas y son utilizados por las plantas como mecanismo de defensa frente al ataque de herbívoros (5). La extracción de los aceites esenciales se obtiene mediante diferentes métodos, que incluyen destilación, arrastre de vapor, reflujo y extracción Soxhlet (6). Los aceites esenciales de muchas especies de plantas tienen actividad antioxidante, antiproliferativa y antibacteriana (7). En cuanto a su utilidad como sirven como sustitutos antibacterianos, estudios han demostrado que son efectivos en una amplia gama de aplicaciones, como retardar el crecimiento de microorganismos patógenos y proporcionar una actividad antibacteriana prometedora contra bacterias resistentes a antibióticos (8).

La familia Piperaceae es una gran familia de angiospermas con 3700 especies, los más representativos el Piper y Peperomia. En la medicina tradicional, las especies Piper y Peperomia se utilizan para tratar una variedad de dolencias y se han publicado numerosos bioensayos con aceites esenciales, extractos, fracciones y compuestos puros obtenidos de estas plantas (9). Estudios revelan la existencia de algunos componentes como monoterpenos, sesquiterpenos y arilpropanoides en aceites esenciales extraídos de plantas de Piperaceae que presentan excelentes propiedades componentes bioactivos (10).

Así, la familia Piperaceae es reconocida en Perú, por presentar tres géneros y 830 especies, de las cuales la más abundante es del género Piper. Piper aduncum, que se utiliza en la medicina tradicional como antiséptico, antidiarreico, antirreumático, astringente y tónico (11). Borraja (*Borago officinalis* L.) es una hierba anual que está ampliamente distribuida fuera de la región mediterránea nativa (12). La Borraja se ha cultivado tradicionalmente con fines culinarios y medicinales; sin embargo, ahora se cultiva comercialmente como plántula oleaginosa con fines culinarios y medicinales, la borraja es una de las fuentes más conocidas de ácido-linolénico (18:3 n6, GLA), un ácido graso poco común que se encuentra en las plantas y que es muy apreciado por sus beneficios nutricionales, cosméticos y medicinales. La borraja también popular en la cocina española, particularmente en las regiones de Aragón, La Rioja y Navarra [Valle del Ebro] (13).

Los beneficios para la salud de las plantas de *Borago officinalis* tradicionalmente consumidas en España han llevado a cabo recientemente una revisión y evaluación de la calidad de los informes de casos de eventos adversos (14). A pesar de su importancia como especies alimenticias, la investigación sobre las especies Piper aduncum y *Borago officinalis* relacionada con su composición química, diversidad genética y propiedades biológicas es limitada. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la extracción, caracterización y rendimiento de la actividad antioxidante en aceites esenciales de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*). que crecen silvestres y están adaptados a ecosistemas de altitud moderada de la región andina del Perú

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia vegetal e identificación botánica

Se utilizaron las hojas de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*) recolectadas de las zonas altas de la provincia de Andahuaylas por encima de los 3200 metros sobre el nivel del mar, específicamente de la zona de Campanayoc – Yunca Alta del distrito de Andahuaylas, Perú. cartográficamente se localiza a Latitud 13° 36 # 07.89 # # S, longitud 73° 16 #33.13 # # O. Con clima Cwd según Koppens, con precipitaciones medias anuales en torno a los 1000 mm/año, humedad relativa media del 50% y temperatura

de -5 °C a 21 °C, con incidencia moderada de heladas. Las hojas de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*) fueron recolectadas durante los meses de febrero a abril de 2022.

Extracción de aceites esenciales

Se seleccionaron hojas frescas de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*), se utilizaron 5 kilogramos de hojas frescas de cada especie y se sometieron a extracción por destilación al vapor a una presión de 6, 10 y 12 Psi. Una vez destilados, los aceites esenciales se separaron por diferencia de densidad utilizando un decantador florentino graduado. Después de secarlo en sulfato de sodio anhidro se almacena a 4 °C, para su posterior análisis, los rendimientos de extracción se evaluaron de acuerdo con la ecuación 1

$$\%P = \frac{\text{Masa final de aceite esencial (g)}}{\text{Masa inicial de muestra o follaje (g)}} * 100 \quad (1)$$

Determinación de las propiedades físicas del aceite esencial

En los aceites esenciales obtenidos de cada especie, se determinaron: la densidad relativa a 20 °C según la norma técnica peruana: NTP 3129.081:1974; acidez, esterificación, solubilidad en etanol. Para este último, se utilizó una solución al 70% tomando 100 µL de aceite esencial.

Determinación de compuestos químicos mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

El análisis del perfil químico de los aceites esenciales fue identificado por Cromatografía de Gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) en el centro de investigación de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Para el análisis de cada muestra, se utilizaron 20 µL de aceite esencial en 980 µL de diclorometano, que se inyectó en el cromatógrafo de gases acoplado a un detector de masas selectivo. Los compuestos fueron separados en una mezcla por una columna capilar apolar DB-5MS (60 m x 250 µm x 0,25 µm) (J y W Scientific 5 % fenil-polimetilsiloxano).

La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C con una inyección en modo Split (50:1), la programación de la temperatura del horno fue: temperatura inicial 50 °C, mantenida durante 5 min; luego aumentando a 10 °C/min hasta alcanzar los 100°C y finalmente a 10 °C/min hasta los 270°C, manteniendo la temperatura final durante 1 min. El tiempo de funcionamiento fue de 77,8 min, el helio se utilizó como gas de arrastre a un flujo constante de 1 ml / min. Los compuestos de los aceites de Matico (*Piper aduncum*) y Borraja (*Borago officinalis*), se identificaron utilizando el software proporcionado por Agilent; MSD chemstation (version EO2.00.493), comparando los espectros de masas de cada pico con los de la biblioteca de espectros de masas de bases de datos de sabores y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, 08).

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de los aceites esenciales de las especies de Matico (*Piper aduncum*) y Borraja (*Borago officinalis*), se midieron mediante el método siguiente: DPPH (método)

Se prepararon diluciones acuosas de etanol de extractos hidroalcohólicos a concentraciones de 0,0 a 150,0 µg/ml. 1,0 mL cada solución se mezcló con 0,5 mL de una solución de 0,3 mM DPPH en etanol permitiéndole reaccionar por un tiempo de 30 min a temperatura ambiente, se logró medir la absorbancia de las mezclas a 517 nm en el equipo de espectrofotometría. El porcentaje de actividad antioxidante de cada muestra se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación 2:

$$\text{Actividad antioxidante}(\%) = \frac{AC - AM - AB}{AC} * 100 \quad (2)$$

AM: Absorbancia de la muestra +DPPH, AB: es la absorbancia del objetivo (muestra +etanol) y AC: es la absorbancia del objetivo reactivo (DPPH+etanol). La concentración del extracto hidroalcohólico se neutralizó al 50 por ciento de los radicales DPPH (EC50, concentración efectiva media) y se obtuvo

directamente trazando la línea entre el porcentaje de actividad antioxidante, frente a la concentración de la muestra de aceites esenciales mg/mL.

Análisis estadístico

Los análisis se realizaron por triplicado, para la evaluación estadística se utilizó la prueba ANOVA y el diseño LSD (análisis paramétrico), que se aplicaron en la comparación individual de la diferencia significativa entre tratamientos, referida a las características fisicoquímicas, cromatográficas y actividad antioxidante. En este caso de DCA, se separó la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error. Cuando el primero predomina "claramente" sobre el segundo, es cuando se concluye que los tratamientos tienen un efecto, dicho de otro modo, los medios son diferentes. Cuando los tratamientos no dominan, contribuyen igual o menor que el error, por lo que se concluye que las medias son iguales. El objetivo del Análisis de Varianza en ITB fue probar la hipótesis de igualdad de tratamientos con respecto a la media de la variable de respuesta correspondiente.

RESULTADOS

Rendimiento y propiedades físicas de los aceites esenciales

La determinación de las propiedades fisicoquímicas permitió conocer el control de calidad y pureza en aceites esenciales.

La Tabla 1 muestra el porcentaje de rendimiento de extracción y las propiedades físicas de los aceites esenciales de ambas especies del género *Piper aduncum* y *Borago officinalis*. Donde se puede observar que el género *Piper aduncum* presentó un 0,43 de rendimiento. Mientras que la densidad presentó una variación mínima en ambos géneros de 0,995 a 0,996 g/ml. El índice de refracción fue de 65 a 110 para ambas especies. Sin embargo, solubilidad ambas especies fueron positivas.

TABLA 1.
Rendimiento y propiedades físicas de los aceites esenciales
Matico (*Piper aduncum*) y Borraja (*Borago officinalis*)

Análisis	(<i>Piper aduncum</i>)	(<i>Borago officinalis</i>)
Rendimiento	0.43 ± 0,003a	N.R
Densidad (g/ml) a 24 °C	0,996 ± 0,0001a	0,995 ± 0,001B
Índice de refracción a 24 °C	110 ± 0,35	65 ± 0,46A
Solubilidad EtOH 70 % (v/v)	Positivo	Positivo
Índice de esterificación (mg)	110 ± 0,70	65 ± 0,35b

Los valores con diferentes letras (a, b) dentro de cada columna denotan significación en la prueba de Tukey, con $\alpha = 5\%$

Composición química de aceites esenciales de las muestras en estudio

Los componentes identificados en el aceite esencial de matico observan en la Tabla 2, que corresponde a la familia de los terpenos, estos se identificaron con el tiempo de retención en comparación con los patrones de fragmentación de los espectros de masas de cada constituyente. Se observó que los aceites esenciales extraídos a 8, 10 y 12 psi reportaron mayor contenido de apiol, y que esto aumenta con la presión de extracción. Del mismo modo, se observó que a medida que aumentaba la presión de extracción, se reportaba un mayor número de constituyentes en los aceites esenciales.

TABLA 2.
Componentes mayoritarios identificados en las especies *Piper aduncum* y *Borago officinalis*

Compuestos organicos volátiles	Aceite esencial de (<i>Piper aduncum</i>)			Aceite esencial de (<i>Borago officinalis</i>)		
	%IR			%IR		
	8	10	12	8	10	12
Apiol	9.46	15.04	17.80	1.47	1.23	0.79
Cadinene		1.02	1.21			
biciclogermacreno			2.018			
(E)-germacrene D		1.83				
Caryophyllene			4.88			
Alloaromadendrene			1.07			
Humulene			1.39			
Copaene			3.68			
Benseneacetaldehyde						0.41
Trichloromethane						0.18

En la Tabla 2 se destaca el resultado de análisis de cromatografía de gases de los aceites volátiles de *Piper aduncum* y *Borago officinalis*. Se evidencia a partir de los mostrados que los componentes de *Piper aduncum* son principalmente mono y sesquiterpenos, dominados por apiol. Los aceites esenciales en el género *Piper aduncum* a un 8 psi se presentó un total de 14 compuestos, a 10 psi un total de 15 componentes y a 12 psi un total de 24 compuestos (Figura 1 y 2). El compuesto mayoritario se identificó como apiol promedio a las tres presiones de extracción de un total de (14%), según lo confirmado por RMN, junto con otros componentes menores de 12 psi, como cariofileno (4,88%), biciclogermacreno (2,18%) y humeno (1,39%). Estos compuestos químicos representan el 63,4 % de la composición total del aceite, sin embargo, lo resto se encontró en menor proporción. Sin embargo, en el aceite esencial de borraja, se observó que el apiol es el constituyente mayoritario, en las tres presiones de 8, 10 y 12 psi, observándose que esto disminuye considerablemente con el aumento de la presión de extracción con tiempo de retención alrededor de 48.20 min.

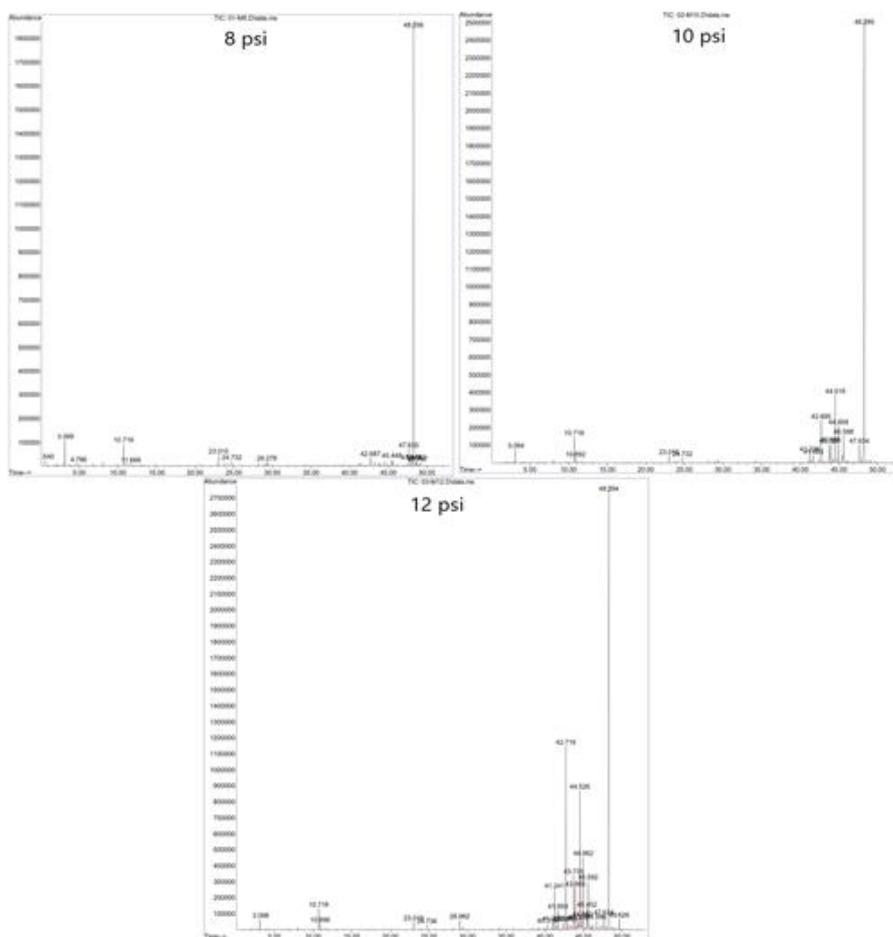


FIGURA 1.
Cromatograma iónico total del aceite esencial Piper aduncum



FIGURA 2.

Cromatograma iónico total del aceite esencial de *Borago officinalis*.

Actividad antioxidante de AE *Piper aduncum*. y *Borago officinalis*.

Se muestran los resultados de la capacidad antioxidante del hidrolato donde se observó que el aceite esencial de *Piper aduncum* reportó valores entre 1.258 y 5.030 $\mu\text{mol TEAC/mL}$, mostrando diferencia significativa con la presión de extracción (valor de $p < 0,05$, con valores superiores a 10 psi de hidro extracción. La Figura 3 y 4, muestran los resultados de la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Piper aduncum* y borraja (*Borago officinalis*) donde se mostrarán diferencia significativa (valor de $p = 0,924$) entre ambas especies.

La Figura 4, presenta la capacidad de antioxidante del aceite esencial de *Borago officinalis* extraídas a diferentes presiones, observando que a una presión entre 8 y 12 psi, no muestran una diferencia significativa, sin embargo, a 10 psi, la capacidad antioxidante de 14.5 $\mu\text{mol TEAC/mL}$. Al comparar ambas especies el hidrolato de *Borago officinalis*, es la presenta mayor capacidad antioxidante frente al hidrolato de *Piper aduncum*

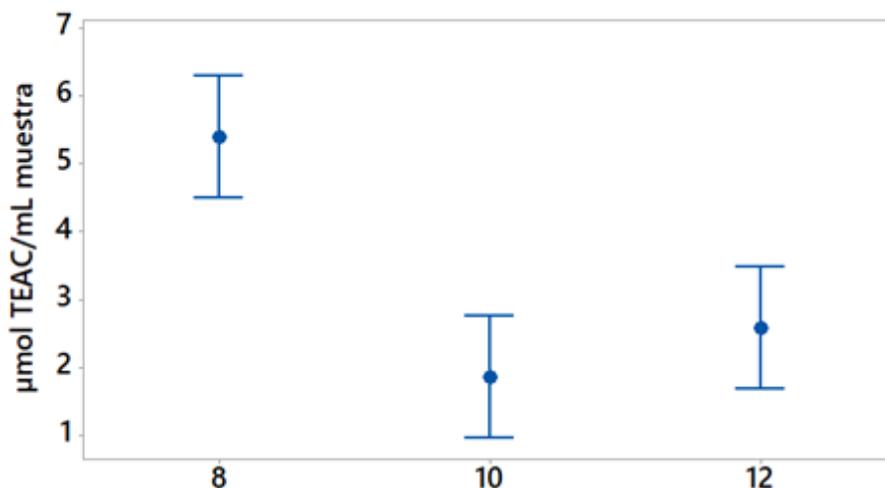


FIGURA 3.
Capacidad antioxidante del aceite esencial Piper aduncum

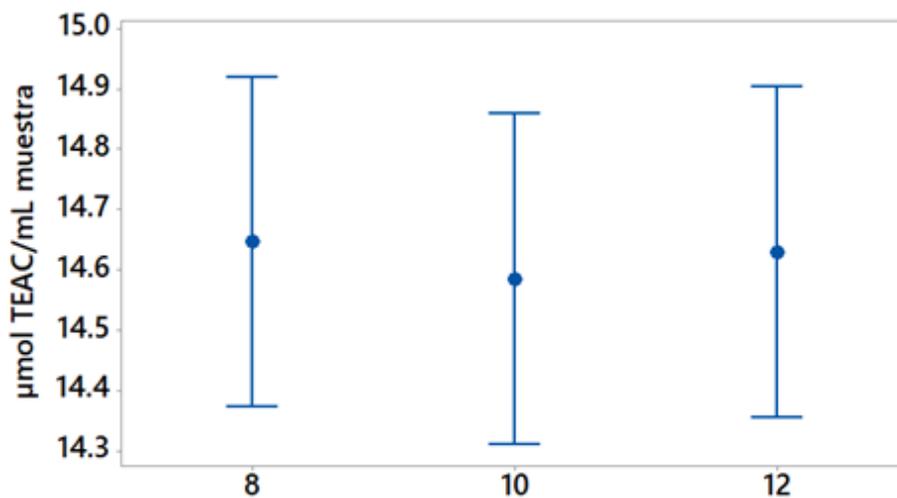


FIGURA 4.
Capacidad antioxidante del aceite esencial de borraja

Asimismo, se observó que la capacidad antioxidante del aceite esencial de Piper aduncum se encontró entre 1,87 a 5,40 $\mu\text{mol TEAC/mL muestra}$ (Tabla 3, y que esta disminuye considerablemente con la presión de extracción (valor de $p < 0,07$, tabla 3). Por otro lado, no se observó un contenido considerable de aceite esencial en la borraja por hidro extracción, por lo que no permitió medir su capacidad antioxidante

TABLA 3.
Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TEAC/mL}$ muestra) del aceite esencial

Presión (psi)	Importar imagen \pm	Ds	CV (%)	*
Matico				
8	5.40 \pm	0.73	13.60	Para
10	1.87 \pm	0.54	28.83	B
12	2.59 \pm	0.61	23.69	B
Borraja				
8	N.R. **			
10	N.R.			
12	N.R.			

Dónde: es la Importar imagen media aritmética, DS es la desviación estándar, CV es el coeficiente de variación.

*Cada letra diferente indica la diferencia significativa, evaluada a través de la prueba de Tukey con una significación del 5%

**N.R. no reportado

DISCUSIÓN

Los aceites esenciales de Matico (*Piper aduncum*) y Borraja (*Borago officinalis*), si presentaron diferencias significativas en el porcentaje de rendimiento. El rendimiento de extracción de aceite esencial depende de la planta y del distrito donde se cultiva (15,16).

La densidad mostró un ligero aumento significativo con la presión de extracción para ambas especies de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*), sin embargo, el índice de refracción no varió entre ambas especies. La presencia de un valor más bajo de los índices de refracción y las densidades están relacionadas con la cantidad de fenoles (17). La literatura sobre los cambios dependientes del tiempo en los parámetros físicos es escasa (18, 19).

Como resultado, existe diferentes estudios que revelan la aplicación de los componentes químicos de aceites esenciales para integrar la composición química y la actividad de las mezclas en productos naturales (20). Los enfoques basados en la metabolómica han sido utilizados simultáneamente en muchos componentes de una mezcla, generalmente mediante el uso de análisis cromatográficos y/o espectroscópicos (21). La capacidad antioxidante en los aceites esenciales es de gran importancia para determinar la calidad en productos alimentarios. En general, los antioxidantes pertenecen a un grupo de compuestos químicos con estructuras químicas variables, por ejemplo, los tocoferoles, los fenoles y los carotenoides. Encontrándose tanto en vegetales, frutas, hierbas y semillas, así como también en sus aceites vegetales, particularmente en los aceites prensados en frío, que tienen altas propiedades nutricionales (22).

Son antioxidantes naturales que vienen en cuatro formas: α , β , γ y δ , que muestran una actividad antioxidante diferente (23). Las especies en estudio demuestra que las propiedades antioxidantes de los aceites están influenciadas por muchos factores. Varios compuestos bioactivos de materias primas o aceites herbales pueden afectar de manera positiva o negativamente las propiedades antioxidantes de los macerados. En la revisión se encontró que el contenido de tocoferol está determinado por la actividad antioxidante total, donde son de gran importancia en los aceites esenciales u otros compuestos biológicos (24).

La disminución del contenido de capacidad antioxidante con la presión de extracción registrada en *Piper aduncum* puede explicarse por la lixiviación de compuestos antioxidantes como los fenoles o como consecuencia de la pérdida de antioxidantes vegetales y el desarrollo de nuevos compuestos con actividad

prooxidante (25). De hecho, en la literatura científica se han propuesto diferentes hipótesis sobre esta tendencia: (i) reacciones de hidrólisis de compuestos fenólicos; (ii) diferentes enlaces cruzados de compuestos fenólicos unidos a la pared celular de la planta; (iii) posibilidad de red distribución de compuestos antioxidantes; (iv) Extracción mejorada de compuestos antioxidantes gracias a la alta temperatura (20).

El componente mayoritario se identificó como apiol promedio a las tres presiones de extracción de un total de (14%), según lo confirmado por RMN, junto con otros componentes menores de 12 psi, como cariofileno (4,88%), bicilogermacreno (2,18%) y humeno (1,39%). Estos elementos representaron el 63,4 % de la composición total del aceite esencial, mientras que los componentes restantes constituyeron el resto. Los resultados se correlacionan con los datos publicados de composición química en el Amazonas, Malasia, Fiji y Cuba (21). El contenido de apiol de Piper Aduncum en estos lugares difiere, aunque las composiciones químicas de las especies de Panamá y Bolivia contienen -cariofileno y 1,8-cineol como componentes principales, respectivamente (22). Además, los estudios han relacionado los rendimientos máximos y mínimos de los aceites esenciales con la tasa de lluvia como uno de los factores que se suman al período de cosecha estacional (26).

El (E)-cariofileno tiene efectos antiinflamatorios, antidiabéticos y hepatoprotectores, así como actividad antinociceptiva y citotoxicidad contra muchos tipos de células cancerosas (26). Germacrene D está involucrado en las interacciones ecológicas de las plantas con insectos y otras plagas (28) además, el germacrene D tiene propiedades antiinflamatorias (27). (E)-farneseno se usa ampliamente como repelente químico de insectos; bicilogermacreno mostró actividad de citotoxina y potencial actividad antiviral contra el SARS-CoV-2; y finalmente, el acetato de bornilo demostró propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y repelentes (28)

CONCLUSIONES

En el estudio fue posible determinar el rendimiento de extracción del aceite esencial de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*), con el cual los rendimientos de extracción oscilaron entre 0,29 y 0,43%, con una tasa de extracción positiva de 0,0367% / psi. Las características fisicoquímicas y cromatográficas del aceite esencial de aceite esencial de Matico (*Piper aduncum*) y borraja (*Borago officinalis*) presentaron una densidad alrededor de 0,996 (g/ml) con resultados similares para presiones de extracción de 8 y 10 psi en ambas especies, con un índice de refracción de 1,52 para aceite esencial y 1,33 hidrolatos y un aumento de la acidez con la presión de extracción de 2,69 a 5,46 mg KOH / g. Así mismo a nivel de caracterización cromatográfica fue posible identificar 24 componentes químicos a una presión de 12 psi, y 23 componentes químicos para (*Borago officinalis*), ambas especies presentaron apiol como componentes principales a las tres presiones de extracción de un total de (14%), según lo confirmado por RMN, junto con otros componentes menores de 12 psi, como cariofileno (4,88%), bicilogermacreno (2,18%) y humeno (1,39%). Ambas especies mostraron una variación entre 14, 258 a 017,030 $\mu\text{mol TEAC/mL}$ mostrando una diferencia con la presión de extracción.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez-Ocmín P, Cojean S, Rengifo E, Suyyagh-Albouz S, Amasifuen-Guerra C, Pomel, S, Cabanillas B, Mejía K, Loiseau P, Figadère B, Maciuk A. Antiprotozoal activity of medicinal plants used by Iquitos-Nauta road communities in Loreto (Peru), J. Ethnopharmacol. 2018; 210 (2018) 372-385. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.08.039>

2. Chrysargyris A, Mikallou M, Petropoulos S, Tzortzakis N. Perfil de los componentes de aceites esenciales y polifenoles por su actividad antioxidante de plantas medicinales y aromáticas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales, *Agronomía*. 2020; 10 (5), 727. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050727>
3. Safar A, Ghafoor A, Dastan D. Composición química, actividades antibacterianas y antioxidantes del aceite esencial de *Tagetes patula* L. criado en Erbil, Irak, *J. Reports Pharm.* 2020; 9(1), 59-67. <https://acortar.link/Hdebo3>.
4. Oliveira-Everton G, Pereira-Araújo R, Da Silva dos Santos A, Serra-Rosa P, De Oliveira-Carvalho R, Teles A, Barros-Gomes P, Mouchrek V. Caracterização química, atividade antimicrobiana e toxicidade dos óleos essenciais da *Pimenta dioica* L. (pimenta da Jamaica) e *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja doce). *Rev. Cien. Quím. Granja*. 2020; 49(3), 641-655. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n3.91253>
5. Blowman K, Magalhaes M, Lemos F, Cabral C, Pires I. Propiedades anticancerígenas de aceites esenciales y otros productos naturales. Evidente complemento basado. *Medicina natural*. 2018; 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3149362>
6. Zhu J, Yan J, Wu G, Jiang J. Actividades antioxidantes, anticancerígenas y antimicrobianas comparativas de aceites esenciales de *Semen Platycladi* mediante diferentes métodos de extracción. *Ind. Cultivos Prod.* 2020; 146 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112206>
7. Mitropoulou G, Sidira M, Skitsa M, Tsochantaridis I, Pappa A, Dimtsoudis C, Proestos C, Kourkoutas Y. Evaluación del potencial antimicrobiano, antioxidante y antiproliferativo de *Sideritis raeseri* subsp. *Aceite esencial de Raeseri*. *Alimentos* 2020; 9(7) 860. <https://doi.org/10.3390/foods9070860>
8. Viktorová J, Stupák M, Řehořová K, Dobiasová S, Hoang L, Hajšlová J, Van Thanh T, Van Tri L, Van Tuan N, Ruml T. El aceite esencial de hierba de limón no modula la resistencia a múltiples fármacos de las células cancerosas por Citral: su compuesto dominante y fuertemente antimicrobiano. *Alimentos* 2020; 9 (5) 585. <https://doi.org/10.3390/foods9050585>
9. Alves S Setzer W, Da Silva K. La química y las actividades biológicas de *Peperomia pellucida* (Piperaceae): una revisión crítica. *J. Etnofarmac.* 2019; 232, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.021>
10. Antas R, Jesse Y, Azevedo G, Franklin E, Carina A, Defaveri A, Lima D. Químio diversidad de aceites esenciales en la especie *Piper* L. (Piperaceae) de la isla de Marambaia, Río de Janeiro-RJ, Brasil. *Rev. Química Virtual* 2021, 13, 1203–1215. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210067>
11. Ingaroca S, Castro A, Ramos N. Composición química y pruebas de actividad antioxidante y efecto fungistático sobre *Candida Albicans* de aceite esencial de *Piper aduncum* L." Matico." *Revista de la Sociedad Química del Perú*; 2019; 85(2), 268-279. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000200013&script=sci_arttext&tlng=en
12. Montaner C. "Evaluación de genotipos de borraja (*Borago officinalis* L.) para el valor nutraceutico basado en la composición de ácidos grasos de la hoja". *Alimentos*. 2021; 11 (1) 16. <https://doi.org/10.3390/foods11010016>
13. Mallor C. Borraja (*Borago officinalis* L.). En una planta emblemática de Aragón; Cuadernos de Aragón, 83; Institución Fernando el católico: Zaragoza, España. 2020; 105p. https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/5560/1/2020_295.pdf
14. Avila C, Breakspear I, Hawrelak J, Salmond S, Evans S. Una revisión sistemática y evaluación de la calidad de los informes de casos de eventos adversos para la borraja (*Borago officinalis*), la uña de caballo (*Tussilago farfara*) y la consuelda (*Symphytum officinale*). *Fitoterapia*. 2020; 142, 104519. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104519>
15. Preedy V. Aceites esenciales en la conservación, el sabor y la seguridad de los alimentos, Academic Press-Elsevier, Ámsterdam. 2016; 932. <https://acortar.link/uEgIMO>
16. Hüsni K, Başer C, Demirci F. Chemistry of essential oils, en: Ralf Günter Berger (editor), *Flavours and Fragrances, Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, Springer-Verlag, Berlín. 2007; 43-86. <https://acortar.link/YJUAzv>
17. Arias-Rico J, Macías-León F, Alanís-García E, Cruz-Cansino N, Jaramillo-Morales O, Barrera-Gálvez R, Ramírez-Moreno E. Estudio de plantas comestibles: efectos de la ebullición sobre las propiedades nutricionales, antioxidantes y fisicoquímicas. *Comida*. 2020; 9 (5), 599. <https://doi.org/10.3390/foods9050599>

18. Silva S, Rabelo M, Lima S, Rocha N, Tadei W, Chaves C, Bezerra D, Biondo M, Campelo P, Sanches E. Nanopartículas biodegradables cargadas con aceite esencial de *Lippia alba*: una alternativa sostenible para el control de larvas de *Aedes aegypti*. *EUR*. 2020; 7, 6237–6258. <https://acortar.link/YVOIRX>
19. Azevedo S, Rocha L, Aguiar R, Da Costa C, Țălu Ș, Fonseca H, Araújo J, Lima A, Guimarães E, Campelo P. Evaluación de la estabilidad y liberación controlada pulsátil de partículas poliméricas que contienen aceite esencial y conservantes de *Piper nigrum*. *Materiales*. 2022; 15, 5415. <https://doi.org/10.3390/ma15155415>
20. De Oliveira L, Matos R, Campelo P, Sanches E, Da Fonseca H. Evaluación superficial a nanoescala aplicada a nanopartículas biodegradables que contienen aceite esencial *Allium sativum*. *Compañero. Letón*. 2020; 275, 128111. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128111>
21. Laskoś K. "Los aditivos herbales modifican sustancialmente las propiedades antioxidantes y el contenido de tocoferol de los aceites prensados en frío". *Antioxidantes*. 2021 10 (5) 781. <https://doi.org/10.3390/antiox10050781>
22. Pajak P, Socha R, Broniek J, Królikowska K, Fortuna T. Propiedades antioxidantes, composición fenólica y mineral de chía germinada, lino dorado, onagra, phacelia y fenogreco. *Food Chemistry*. 2019; 275, 69–76. <https://doi.org/10.3390/antiox10050781>
23. Garcia L, Ceccanti C, Black C, De Bellis L, Incrocci L, Pardossi A, Guidi L. Efecto de los métodos de secado sobre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de *Urtica dioica* L. *Horticulturae*. 2021; 7 (1), 10. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7010010>
24. Mesquita D, Feitosa D, Cruz J, Ferreira O, Franco D, Cascaes M, Andrade H. Composición química y evaluación preliminar de la toxicidad de *Peperomia circinnata* essential oil link var. *circinnate*. (Piperaceae) en lixiviación de *Artemia salina*. *Moléculas*. 2021; 26 (23), 7359. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/23/7359>
25. Hernández-León A, González-Trujano M, Narváez-González F, Pérez-Ortega G, Rivero-Cruz F, Aguilar M. Papel del β -cariofileno en los efectos antinociceptivos y antiinflamatorios del aceite esencial *Tagetes lucida* Cav. *Moléculas*. 2020; 25 (3) 675. <https://doi.org/10.3390/molecules25030675>
26. Fidyk K, Fiedorowicz A, Strzadala L, Szumny A. β -cariofileno y óxido de β -cariofileno: compuestos naturales con propiedades anticancerígenas y analgésicas. *Cancer Med*. 2016; 5, 3007–3017. <https://doi.org/10.1002/cam4.816>
27. Schepetkin I, Özek G, Özek T, Kirpotina L, Khlebnikov A, Quinn M. Composición química y actividad inmunomoduladora de los aceites esenciales de *Hypericum perforatum*. *Biomoléculas*. 2020; 10 (16) 916. <https://doi.org/10.3390/biom10060916>
28. Giuliani C, Pieraccini G, Santilli C, Tani C, Bottoni M, Schiff S, Fico G, Papini A, Falsini S. Investigación anatómica y análisis GC/MS de 'Coco de Mer', *Lodoicea maldivica* (Arecaceae). *química Biodiversa*. 2020; 17, 1–23. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202000707>