

Compuestos químicos en los aceites esenciales de *Espeletia* spp. endémicas de Colombia y evaluación preliminar de su actividad antimicrobiana

Chemical compounds in essential oils of *Espeletia* spp. endemic from Colombia and preliminary evaluation of their antimicrobial activity

Doris Gutiérrez Hernández¹

<https://orcid.org/0000-0002-4159-5798>
dorisgu7@gmail.com

Diana Carolina Corzo Barragán *¹

<https://orcid.org/0000-0001-7282-9289>
dcorzo@jbb.gov.co

Johanna Esperanza Romero Murcia¹

<https://orcid.org/0000-0003-1846-2230>
jromero@jbb.gov.co

*Corresponding author

1. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Subdirección Científica, Dirección postal: Av. Calle 64 # 68-95, Bogotá, Colombia.

Citación

Gutiérrez Hernández D, Corzo-Barragán DC, Romero Murcia JE. 2024. Compuestos químicos en los aceites esenciales de *Espeletia* spp. endémicas de Colombia y evaluación preliminar de su actividad antimicrobiana. Revista peruana de biología 31(3): e28170 001- 010 (octubre 2024). doi: <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v31i3.28170>

Presentado: 25/05/2024

Aceptado: 05/09/2024

Publicado online: 14/10/2024

Editor: Leonardo Romero

Resumen

En este trabajo se identifican los compuestos químicos presentes en los aceites esenciales de cinco especies de frailejones y se evaluó su actividad biológica frente a diferentes microorganismos. Los aceites esenciales de las hojas frescas de *Espeletia argentea*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia killipii*, *Espeletia summapacis* y *Espeletopsis corymbosa* fueron extraídos por hidrodestilación. La composición química de los aceites esenciales fue determinada mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Los aceites esenciales de algunas de las especies fueron evaluados frente a hongos (*Fusarium* sp., *Chaetomium* sp., *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp.), la bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, así como frente a la levadura *Candida* sp. mediante el método de difusión en agar. Los compuestos mayoritarios identificados en los aceites esenciales fueron α -pineno, β -pineno, sabineno, p-cimeno, limoneno, α - y β -felandreno. Por otra parte, los aceites esenciales de cuatro especies de *Espeletia* mostraron actividad frente a *Fusarium* sp. y *Chaetomium* sp. en comparación con un control comercial. Además, los aceites de *E. argentea* y *E. corymbosa* fueron evaluados posteriormente frente a cepas de *Botrytis* sp., *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp. Se encontró que el aceite esencial de *E. argentea* tiene un porcentaje de inhibición del 30% al 80% en las cepas evaluadas.

Abstract

This study identifies the chemical compounds present in the essential oils of five species of frailejones and evaluates their biological activity against various microorganisms. The essential oils from the fresh leaves of *Espeletia argentea*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia killipii*, *Espeletia summapacis*, and *Espeletopsis corymbosa* were extracted through hydrodistillation. The chemical composition of the essential oils was determined using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The essential oils of some species were tested against fungi (*Fusarium* sp., *Chaetomium* sp., *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp.) and the bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, as well as the yeast *Candida* sp., using the agar diffusion method. The major compounds identified in the essential oils were α -pinene, β -pinene, sabinene, p-cymene, limonene, and α - and β -phellandrene. Additionally, the essential oils of four *Espeletia* species exhibited activity against *Fusarium* sp. and *Chaetomium* sp. when compared to a commercial control. Furthermore, the oils of *E. argentea* and *E. corymbosa* were subsequently tested against strains of *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., and *Alternaria* sp. It was found that the essential oil of *E. argentea* exhibited inhibition rates ranging from 30% to 80% against the tested strains.

Palabras clave:

Actividad antifúngica, cromatografía de gases, *Espeletia*, *Espeletopsis*.

Keywords:

Antifungal activity, gas chromatography, *Espeletia*, *Espeletopsis*.

Introducción

En la región neotropical, por encima del límite superior de los bosques andinos de Ecuador, Colombia, Venezuela, Perú, Panamá y Costa Rica, se extiende el bioma de páramo que alberga una enorme y singular diversidad biológica, por lo cual, se considera el ecosistema de alta montaña más biodiverso en el planeta (Díazgranados & Castellanos 2021).

Colombia posee la mitad de la superficie global de los páramos, teniendo además la mayor riqueza con 90 especies reconocidas de frailejones (Díazgranados & Castellanos 2021), individuos que se identifican como las plantas más emblemáticas que representan el páramo. No obstante, los páramos son ecosistemas vulnerables que enfrentan grandes amenazas por la ganadería extensiva, el aumento de la frontera agrícola, el turismo no controlado, las especies invasoras y el cambio climático que a futuro puede afectar la presencia y el mantenimiento de diversas poblaciones de frailejones (Rivera & Rodríguez 2011, Díazgranados 2015).

Los frailejones producen resinas de aromas agradables que se utilizaban como incienso y en la fabricación de jabones (Baruch 1979, García-Barriga 1992). También, se han usado para tratar el reumatismo (Acosta-Solís 1937b citado por De la Torre et al., 2006), enfermedades respiratorias (Báez et al. (1999), problemas del sistema circulatorio, embarazo, parto y otitis (Bussmann et al. 2018).

De las especies de *Espeletia* y *Espeletiopsis* se han aislado e identificado diferentes compuestos químicos, entre ellos, diterpenos, triterpenos, sesquiterpenlactonas, flavonoides y derivados del ácido cafeico. A partir de la resina de *Espeletia grandiflora* se identificaron los diterpenos: *ent*-kaur-16-eno, *ent*-kaur-16-en-19-al, *ent*-kaur-16-en-19-ol, ácido kaurenico, ácido grandiflo-

rolico y ácido grandiflorenico (Piozzi et al. 1968, 1971 citado por Padilla-González et al. 2017). De las hojas de *E. tunjana* se aislaron el ácido kaur-9(11),16-dien-19-oico, *ent*-kaur-16-en-19-ol y acetato de longipilina (Torrenegra et al. 1994, Torrenegra & Téllez 1995). Del extracto etéreo de las hojas e inflorescencias de *E. killipii* se obtuvieron quercetina, 3-metoxiquercetina, ácido kaur-9(11),16-dien-19-oico y kaur-16-en-19-ol, Polimatina B, acetato de longipilina, friedelina, sitosterol y estigmasterol (Torrenegra et al. 1994). En las hojas de *E. argentea* y en *E. barclayana* se identificó un triterpeno tipo cicloartano (Tellez et al. 1998). De las hojas de *E. semiglobulata* se aislaron ácido kaurénico y kaurenal (Aparizio et al., 2013). De *E. barclayana* se han reportado el ácido 5-O-(*E*)-cafeoilquinico, ácido 1,3-di-O-(*E*)-cafeoilquinico, ácido 1,5-di-O-(*E*)-cafeoilquinico, ácido 3,4-di-O-(*E*)-cafeoilquinico y 3-O-metilquercetina-7-O- β -glucopiranosido (Padilla-Gonzalez et al., 2017).

Los estudios de composición de los aceites esenciales de especies de los géneros *Espeletia* y *Espeletiopsis* han reportado entre los compuestos mayoritarios monoterpenos y sesquiterpenos (Tabla 1). Los aceites esenciales de *Espeletia weddellii*, *Espeletia semiglobulata*, *Espeletia batata* están constituidos mayoritariamente por monoterpenos tipo hidrocarburo, entre los que se destacan: p-Cimeno, α -Felandreno, α -Tuyeno, α -Pineno, β -Pineno, β -Mirceno y Sabineno (Usubillaga et al. 1999; Usubillaga et al. 2001; Khouri et al. 2000; Alarcón et al. 2016; Padilla et al. 2016). En los aceites esenciales de *Espeletia nana*, *Espeletia schultzii* se destaca la presencia mayoritaria de sesquiterpenos y sesquiterpenoides. Mientras que, en el aceite esencial de *Espeletia grandiflora* (Padilla et al., 2016) se reportan entre los mayoritarios monoterpenoides. De otra parte, en el aceite esencial de *Espeletia semiglobulata* se identificaron, además, diterpenos de tipo kaurano (Aparicio et al. 2013).

Tabla 1. Composición química de aceites esenciales de especies de frailejones del género *Espeletia* y *Espeletiopsis angustifolia*.

Especie	Parte de la planta	Rendimiento del aceite esencial	Compuestos mayoritarios	% Área relativa	Referencia
<i>Espeletia weddellii</i>	Hojas frescas	0.18%	p-Cimeno	20	Khouri et al. 2000
			α -Felandreno	17.6	
			α -Pineno	14.3	
			δ -3-Careno	6	
			β -Pineno	4.4	
			α -Tuyeno	3.9	
			β -Mirceno	2.4	
<i>Espeletia semiglobulata</i>	Hojas frescas	0.20%	α -Tuyeno	72.7	Usubillaga et al. 1999
			α -Pineno	8.1	
			δ -3-Careno	3.6	
			Terpinen-4-ol	2.7	
			γ -Terpineno	2	
			β -Pineno	1.8	
			Terpinoleno	1.6	
			Limoneno	1.5	
kaur-16-en-19-al	1.1				

Espele	Parte de la planta	Rendimiento del aceite esencial	Compuestos mayoritarios	% Área relativa		Referencia
Espeletia batata	Hojas frescas	0.20%	α -Pino	35.4		Usubillaga et al. 2001
			α -Tuyeno	12.5		
			β -Pino	12.1		
			Limoneno	8.5		
			Mirceno	4.7		
			(E)- β -Ocimeno	1.3		
			δ -3-Careno	1		
Espeletia nana	Hojas frescas	0.08%	α -Pino	38.1		Peña et al. 2012
			β -Pino	17.2		
			Mirceno	15		
			Espatulenol	4.2		
			α -Zingibereno	4		
			Biclogermacreno	4		
			γ -Himachaleno	3.7		
			(E)- β -Ocimeno	2.4		
Espeletia schultzei	Hojas frescas	0.29% (v/p)	α -Pino	49.72		Alarcón et al. 2016
			β -Pino	16.02		
			β -Mirceno	14.42		
			γ -Himachaleno	4.07		
			Biclogermacreno	3.76		
			β -Cariofileno	2.85		
			(Z)- β -Ocimeno	2.26		
			α -Zingibereno	1.58		
Espeletia grandiflora	Resina	14.29% (v/p)	α -Pino	69.7		Padilla et al. 2016
			β -Pino	3.4		
			trans-Verbenol	2.9		
			p-Menta-1,5-dien-8-ol	2.9		
			α -Canfolenal	2.8		
			trans-Pinocarveol	2.3		
			o-Cimeno	2.1		
			Mirtenol	1.6		
Espeletia Killipii	Resina	14.88% (v/p)	α -Pino	61.8		Padilla et al. 2016
			Sabineno	6.5		
			β -Pino	4		
			p-Menta-1,5-dien-8-ol	2.3		
			1,8-Cineol	2.1		
			α -Copaeno	1.7		
			Limoneno	1.4		
			α -Canfolenal	1.2		
			trans-Pinocarveol	1.2		
			Verbenona	1.2		
Espeletiopsis angustifolia	Hojas frescas Raíces	0.18% 0.15%		Hojas	Raíces	Meccia et al. (2007)
			α -Pino	29.9	27.9	
			β -Cariofileno	14.1	10.2	
			α -Gurgujeno	9.9	-	
			β -Pino	9.6	10.9	
			α -Zingibereno	5.4	-	
			19-oxo-ent-Kaur-16-eno	5.3	2.3	
			Óxido de cariofileno	3.7	0.9	
			Espatulenol	3.5	-	
			Curcumeno	2.4	-	
Biclogermacreno	1.7	8.6				
δ -Cadineno	1.6	1.4				

Algunos aceites esenciales de especies de *Espeletia* y *Espeletiopsis* han mostrado actividad al inhibir el crecimiento de bacterias Gram positivas. Los aceites esenciales de *Espeletia schultzei*, *E. nana* y *Espeletiopsis angustifolia* fueron activos frente a *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis* (Alarcón et al. 2016; Peña et al. 2012; Meccia et al. 2007). Acosta y Torrenegra (2016) encontraron que el exudado de las hojas de *E. killipii* tiene efecto tóxico sobre larvas de lepidóptera quienes le atribuyeron el efecto a la presencia del ácido grandiflorénico, el cual fue mayor en hojas enfermas indicado un posible efecto de defensa de dicho compuesto contra el herbívoro.

En la presente investigación se estableció la composición química de los aceites esenciales de las hojas de cinco especies de frailejón (*Espeletia argentea*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia killipii*, *Espeletia summapacis* y *Espeletiopsis corymbosa*) y se estudió su potencial antimicrobiano frente a hongos (*Fusarium* sp., *Chaetomium* sp., *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp.), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) y *Candida* sp. con el propósito de ampliar el conocimiento en cuanto a la función biológica que cumplen los compuestos químicos frente al efecto de los microorganismos. Estas son especies que en su mayoría no cuentan con estudios relacionados con su composición química por lo cual, resulta de interés conocer sobre su diversidad química para profundizar y entender la importancia e incidencia que tienen los efectos de estos compuestos en el equilibrio de los ecosistemas naturales.

Material y métodos

Material vegetal. Las colectas del material vegetal se realizaron en cuatro Páramos ubicados alrededor de la ciudad de Bogotá D.C. entre 2016 y 2020. (1) Páramo de San Francisco: donde se colectaron *Espeletia argentea* Humb. & Bonpl. y *Espeletiopsis corymbosa* (Humb. & Bonpl.) Cuatrec. (4°10'55.2"N, 74°13'51.4"W / 4°34'32.0"N, 74°00'11.7"W). (2) Páramo el Tablazo donde se colectó *Espeletia barclayana* Cuatrec. (5°00'41.2" N, 74°12'12.7"W). (3) Páramo de Pasquilla donde se colectó *Espeletia Killipii* Cuatrec. (5°00'41.2"N, 74°12'12.7"W) y el (4) Páramo de Sumapaz donde se colectó *Espeletia summapacis* Cuatrec. (4°16'26.2"N, 74°12'08.7"W). La identificación taxonómica fue realizada por el biólogo Carlos Iván Suárez y un exicado que representa cada especie estudiada reposa en el Herbario del Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB22660, JBB14593, JBB22499, JBB23299, JBB13571).

Obtención de los aceites esenciales. Los aceites esenciales fueron obtenidos a partir de las hojas frescas por medio de hidrodestilación utilizando una trampa tipo Clevenger. La extracción se dejó por 3 h. Los aceites esenciales se secaron con sulfato de sodio anhidro y se conservaron a 4°C en viales de vidrio. Los rendimientos de las extracciones fueron calculados con el peso en fresco del material vegetal.

Análisis de los aceites esenciales por GC/MS. El aceite esencial de *E. summapacis* fue analizado en un cromatógrafo de gases 7890A (Agilent) acoplado a un espectrómetro de masas 5975C TAD (Agilent), se analizó en

dos columnas capilares, VF-5MS (50 m x 200 µm x 0.33 µm) y CP-Wax 52 CB (50 m x 200 µm x 0.20 µm). El programa de temperatura en el horno inició a 50°C (2 min), se incrementó a 8°C/min hasta 280°C y luego a 15°C/min hasta 320°C (8 min). La temperatura del puerto de inyección fue 280°C. 2 µL de una dilución de la muestra en Acetonitrilo (Merck) fueron inyectados con una relación de Split 20:1. Se utilizó Helio como gas de arrastre a 1 mL/min. La temperatura de la línea de transferencia fue de 280°C.

Los aceites esenciales de *Espeletia argentea*, *E. barclayana*, *E. killipii*, y *Espeletiopsis corymbosa* fueron analizados en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890A acoplado a un detector selectivo de masas (MSD, AT 5973N) operado en modo de barrido completo de radiofrecuencia (*full scan*). Se realizaron corridas en dos columnas, DB-5MS (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm) y DB-WAX (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm), 2 µL de una dilución de cada aceite se inyectó en el instrumento en modo *Split* (30:1). Los índices de retención fueron determinados con una mezcla certificada de hidrocarburos C₆-C₂₅ (*AccuStandard*, New Haven, CT). La identificación tentativa de los compuestos se realizó con base en la comparación de los espectros de masas (EI, 70 eV), con las bases de datos de Adams, Wiley y NIST.

Evaluación de la actividad antimicrobiana. Los aceites esenciales se evaluaron frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) y *Candida* sp. mediante la técnica de difusión en pozos. La bacteria se aisló en agar nutritivo y la levadura se aisló en agar de papa dextrosa (PDA), éstas fueron incubadas a 37 ± 2°C por 24 h. Posteriormente, se tomaron de 2 a 5 colonias con ayuda de un asa redonda y se suspendieron en solución salina estéril (0.85% p/v) hasta alcanzar la turbidez comparable con el patrón N° 0.5 de McFarland. Para el ensayo de actividad antimicrobiana, se llevó a cabo una siembra masiva en agar Mueller Hinton y PDA para *Candida* sp.), disponiendo 100 µL del inóculo. Luego, se realizaron pozos de 6 mm de diámetro y en cada uno se depositaron 20 µL de las muestras de aceite esencial al 3% diluidas en dimetilsulfóxido (DMSO). Como controles positivos se usaron cloranfenicol (100 µg/mL) para los ensayos con *S. aureus* y clotrimazol (100 µg/mL) para *Candida* sp. Se usó DMSO como control negativo. Finalmente, las cajas Petri se incubaron a 37 ± 2°C por 24 horas (Alvarado et al. 2010). Los ensayos se realizaron por triplicado.

Evaluación actividad antifúngica. Inicialmente, se realizó la evaluación de los aceites esenciales de cuatro especies (*Espeletia argentea*, *E. barclayana*, *E. killipii*, y *Espeletiopsis corymbosa*) mediante la prueba de enfrentamiento, basado en el estudio de Quiroz et al. (2008), con modificaciones, frente a cepas de *Fusarium* spp. y *Chaetomium* spp. aisladas de plantas de ecosistemas altoandinos que forman parte del banco de microorganismos del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBBJCM). Los hongos aislados en agar PDA fueron verificados mediante la prueba de tinción con azul de lactofenol. Las pruebas se realizaron a los 7 días de la siembra del microorganismo en agar PDA, tomando un bocado de

6 mm de diámetro de agar cubierto con la especie fúngica, la cual se dispuso en el centro de la caja Petri y a dos (2) cm de distancia se realizaron los pozos de 6 mm en los cuales se colocaron 15 µL del aceite esencial. Las cajas Petri se incubaron a 27 °C y se realizaron lecturas a las 72, 96 y 168 h, el crecimiento del microorganismo se monitoreó en el tiempo hasta cuando la caja del control negativo estuvo cubierta en su totalidad por el microorganismo. El Porcentaje del Crecimiento del Hongo (PCH) se calculó de acuerdo con lo reportado por Salazar et al. (2012) en Arce-Araya et al. (2019).

$$\%PCH = \left(\frac{(\phi C_- - \phi T)}{\phi C_-} \right) \times 100$$

Donde:

ϕC_- = Diámetro control negativo

ϕT = Diámetro tratamiento

Teniendo en cuenta que el Porcentaje de Inhibición de Crecimiento Micelial (PICM) es el inverso del crecimiento radial, éste se calculó tomando el promedio del crecimiento del hongo y empleando la siguiente fórmula:

$$\%PICM = 100 - \%PCH$$

Como control positivo se usó Benomil (1 mg/mL), las medidas se tomaron con calibrador digital pie de rey. Posteriormente con los aceites de *E. corymbosa* y *E. argentea* se profundizó en el estudio ya que se tenía disponibilidad de estos. Las demás especies no se pudieron evaluar en la segunda fase, debido a que por restricciones derivadas del Covid-19, no fue posible hacer un segundo muestreo a las zonas de colecta por aislamiento y cierre de fronteras rurales.

Análisis de datos. Se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) ($p \leq 0.05$); con las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad se hizo un análisis de Kruskal Wallis, y con las que sí lo cumplieron, se realizó un análisis de varianza, ANOVA usando la prueba de Tukey ($p > 0.05$) para determinar diferencias entre tratamientos para cada uno de los días de evaluación. Todos los análisis se realizaron en el programa InfoStat Versión 2017 (Di Rienzo et al. 2008).

Resultados y discusión

Extracción de los aceites esenciales. Los aceites esenciales obtenidos presentaron olor característico, incoloros a excepción del aceite esencial de *E. argentea* que presentó color amarillo claro. Se determinaron los rendimientos de extracción para los cinco aceites esenciales, *E. argentea* (0.11%), *E. barclayana* (0.19%), *E. corymbosa* (0.07%), *E. killipii* (0.38%) y *E. summapacis* (0.81%). Los rendimientos reportados por Padilla et al. (2016) de la hidrodestilación de las resinas fueron de 14.29% y 14.88% para *E. grandiflora* y *E. killipii*, respectivamente. El rendimiento reportado por Alarcón et al. (2016) para

el aceite esencial de *E. schultzei* fue de 0.29%, porcentaje que se encuentra dentro del rango de lo establecido en este estudio.

Caracterización química de los aceites esenciales.

Los aceites esenciales de las especies de frailejón analizados están constituidos principalmente por monoterpenos tipo hidrocarburo (M) (63.4% hasta el 89.7%), en segundo lugar, se identificaron los sesquiterpenos (S), estos se encuentran entre un 20 y 21% en los aceites esenciales de *E. argentea* y *E. barclayana*. En menor proporción se encontraron monoterpenoides (MO) y sesquiterpenoides (SO). En el aceite esencial de *E. argentea*, el 4.2% correspondió a compuestos diterpénicos. Algunos de los compuestos identificados en estas muestras habían sido reportados para otras especies de *Espeletia* y en *Espeletiopsis angustifolia* (Khouri et al. 2000; Usubillaga et al. 1999; Usubillaga et al. 2001; Peña et al. 2012; Alarcón et al. 2016; Padilla et al. 2016).

El compuesto mayoritario en los aceites esenciales analizados fue el α -Pineno que se encontró entre 33.6% en *E. killipii* y 53.2% en *E. barclayana*. Otros monoterpenos abundantes fueron: β -Pineno, Sabineno, α -Felandreno, β -Felandreno. Los aceites esenciales de *E. killipii* y *E. summapacis* son, principalmente, monoterpénicos con 83.9% y 90.0%, respectivamente. Estos dos aceites esenciales son similares en su composición por la presencia de Sabineno, β -Pineno, α -Felandreno y β -Felandreno. La composición determinada para el aceite esencial de *E. killipii* en este estudio es semejante a lo reportado por Padilla et al. (2016) para un espécimen colectado en el Páramo de Sumapaz en 2015.

De otra parte, entre los compuestos sesquiterpénicos identificados en los aceites esenciales se destaca el Germacreno D presente en *E. argentea*, *E. barclayana* y *E. corymbosa* (12.3%, 5.9%, 2.3%, respectivamente), el Aristoleno en *E. argentea* (4.9%) y *E. barclayana* (4.4%) y el *trans*- β -Cariofileno en *E. argentea*, *E. barclayana* y *E. corymbosa* (1.9%, 1.1%, 2.2%, respectivamente). En menor proporción se identificaron el δ -Selineno, δ -Cadineno y α -Copaeno.

Se observó que los aceites esenciales de las cinco especies comparten similitudes en su composición pero con diferencias en las proporciones. Para evaluar qué tan distantes se encuentran las muestras entre sí, se hizo un análisis clúster utilizando el método de Ward con una distancia euclideana cuadrada. Este análisis se realizó con el paquete estadístico IBM: SPSS Statistics 22, donde las variables fueron las proporciones de los compuestos de los aceites esenciales. El Dendograma obtenido (Fig. 1) muestra las distancias entre las muestras de acuerdo con sus similitudes en su composición. En la gráfica, se observan varios grupos, a una distancia de 120, se identifican 3 grupos, uno corresponde a *E. argentea*, el segundo a *E. barclayana* y el tercero comprende a *E. killipii*, *E. summapacis* y *E. corymbosa*. Dentro de este tercer grupo se observa que hay mayor similitud entre la composición de los aceites esenciales de *E. Killipii* y *E. summapacis*. A pesar de que *E. corymbosa* hace parte de otro género botánico, en la química

de su aceite esencial hay mayor relación que la que se observa entre las especies del género *Espeletia*. Además, la muestra del aceite esencial de *E. argentea* es la más alejada de las otras muestras. Este análisis es una aproximación desde los metabolitos secundarios pre-

sentes en los aceites esenciales que podrían ser correlacionadas con información genética como herramienta para la comprensión de las relaciones filogenéticas de los frailejones.

Tabla 2. Composición química de los aceites esenciales de *Espeletia argentea*, *E. barclayana*, *E. Killipii*, *E. summapacis* y *Espeletopsis corymbosa*.

No.	tR	LRI. DB-5MS		LRI. WAX		Identificación de Compuestos	<i>E. argentea</i>	<i>E. barclayana</i>	<i>E. killipii</i>	<i>E. summapacis</i>	<i>E. corymbosa</i>
		Exp.	Lit.	Exp.	Lit.						
1	14.5	901	908	1033	1036	Santolinatrieno	—	0.2	—	—	0.3
2	15.6	926	924			α -Tuyeno	—	—	0.3	0.3	0.2
3	16.1	937	932	1027	1025	α -Pinoeno	44.5	53.2	33.6	39.3	41.9
4	16.8	952	946	1068	1069	Canfeno	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
5	17.7	974	969	1123	1122	Sabineno	0.7	1.5	17.5	14.7	2.4
6	18.1	981	974	1112	1110	β -Pinoeno	14.6	9.4	4.5	5.6	7.0
7	18.4	989	988	1164	1161	β -Mirceno	1.4	1.8	0.9	—	2.4
8	18.7	995		1340		C9H16O	—	—	—	—	0.6
9	19.3	1009	1002	1169	1168	α -Felandreno	—	—	11.1	12.6	—
10	19.3	1010	1008	1151	1147	δ -3-careno	—	—	—	0.2	0.4
11	19.7	1019	1014	1182	1179	α -Terpineno	—	—	0.4	0.5	—
12	20.0	1026	1020	1273	1270	p-Cimeno	0.1	0.3	7.2	4.1	0.7
13	20.2	1031	1024	1201	1198	Limoneno	1.6	1.6	2.6	0.1	7.2
14	20.3	1033	1025	1211	1209	β -Felandreno	0.3	0.4	10.0	11.4	19.4
15	20.3	1034	1026	1215	1211	1.8-Cineol	—	0.3	—	0.2	—
16	21.4	1061	1054	1249	1245	γ -Terpineno	—	—	0.7	0.8	—
17	20.8	1047	1044	1253	1250	trans- β -Ocimeno	—	—	—	—	0.2
18	22.5	1088	1086	1286	1282	Terpinoleno	—	—	0.3	—	0.1
19	23.0	1100	1095	1548	1543	Linalool	0.5	0.9	—	0.1	0.4
20	23.2	1103	1095	1382	1384	2.3-Epoxipinano	0.3	0.3	—	—	0.2
21	23.6	1114				C10H16O	0.3	0.4	—	—	—
22	24.1	1128	1122	1633	1638	cis-p-Ment-2-en-1-ol	—	—	0.2	0.2	0.2
23	24.2	1131	1125	1495	1496	α -Canfolenal	0.2	—	—	0.1	0.2
24	24.9	1147	1140	1570	1584	trans-p-Ment-2-en-1-ol	—	—	0.2	—	0.1
25	24.9	1147	1139	1661	1661	trans-Pinocarveol	0.5	0.4	—	0.1	0.3
26	25.0	1150	1144	1685	1680	trans-Verbenol	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3
27	25.1	1154				C10H16	—	—	0.2	—	—
28	25.6	1165	1165	1677	1679	Lavandulol	—	—	—	—	0.5
29	26.4	1186	1177	1609	1601	Terpinen-4-ol	—	0.4	2.1	2.2	0.4
30	26.5	1190	1183			p-Cimen-8-ol	0.2	—	—	—	—
31	26.6	1192	1184	1679	1675	Criptona	—	—	0.2	—	1.2
32	26.9	1199	1190	1702	1694	α -Terpineol	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2
33	27.0	1201	1194	1797	1790	Mirtenol	0.2	0.5	—	0.1	0.6
34	27.0	1201	1195	1637	1632	Mirtenal	0.3	—	—	0.1	—
35	27.2	1209				C10H16O	—	—	0.4	—	—
36	27.4	1213	1206			Verbenona	0.3	0.2	—	0.1	0.2
37	28.7	1249	1239	1783	1784	Cuminaldehído	—	—	—	—	0.3
38	28.8	1251				C10H16O2	—	—	1.2	—	—
39	29.9	1283	1289	1609	1602	Acetato de lavandulina	—	—	—	—	1.6
40	30.7	1304				C10H16O2	0.2	0.6	—	—	0.2
41	31.4	1324	1316			Pinanodiol	—	—	0.5	—	—
42	31.5	1325	1324	1695	1692	Acetato de mirtenilo	—	0.4	—	—	0.3
43	32.4	1351	1348	1460		7-epi-Silfiperfol-5-eno	0.2	—	0.2	0.1	—
44	33.4	1377	1368	1493	1483	Ciclosativeno	—	—	0.2	—	—
45	33.6	1383	1374	1501	1491	α -Copaeno	—	1.2	0.3	0.2	—
46	34.0	1394	1387	1547	1543	β -Cubebeno	—	1.2	—	—	—
47	34.1	1396	1389	1597	1591	β -Elemeno	0.3	—	—	0.2	—
48	35.3	1429	1429	1587	1589	Aristoleno	4.9	4.4	0.5	0.7	0.1
49	35.4	1432	1419	1609	1599	trans- β -Cariofileno	1.9	1.1	0.5	0.3	2.2

No.	tR	LRI. DB-SMS		LRI. WAX		Identificación de Compuestos	<i>E. argentea</i>	<i>E. barclayana</i>	<i>E. killipii</i>	<i>E. summapacis</i>	<i>E. corymbosa</i>	
		Exp.	Lit.	Exp.	Lit.							
50	36.0	1450	1442	1713		Guaia-6,9-dieno	—	0.6	—	0.1	—	
51	36.6	1468	1452	1680	1667	α-Humuleno	0.5	0.4	—	0.1	—	
52	37.2	1483	1478	1697	1690	γ -Muuroloeno	—	0.6	0.3	—	—	
53	37.5	1493	1484	1721	1708	Germacreno D	12.3	5.9	1.1	0.1	2.3	
54	37.6	1496	1492	1702		δ-Selineno	1.1	1.0	—	—	2.0	
55	38.6	1526		1761	1756	δ-Cadineno	—	2.3	1.0	0.3	—	
56				1946	1942	Cubebol	—	1.0	—	—	—	
57	38.7	1531	1529	1838	1823	trans-Calameneno	—	0.9	—	—	—	
58	39.8	1565	1564			trans-Nerolidol	0.5	—	—	—	—	
59	39.9	1571				C15H24O	0.5	—	—	—	—	
60	40.4	1586				C13H18O3	0.7	—	—	—	—	
61	40.5	1589	1577	2127	2127	Espatuleno	0.7	—	0.4	0.3	1.1	
62	40.7	1596	1582	1990	1986	Óxido de cariofileno	0.9	0.4	—	0.1	1.1	
63	41.4			2182		Copaborneol	—	0.8	0.5	—	—	
64	41.8	1637	1636	2169		Selin-6-en-4a-ol	0.5	1.0	—	—	0.5	
65	41.9	1636	1638	2259	2231	Isoespatuleno	0.4	—	—	—	—	
66	41.9	1640	1642	2062	2068	Cubeno	—	0.9	—	0.1	—	
67	42.3	1653	1642	2094		Germacreno-D-1.10-epóxido	2.1	1.4	—	—	—	
68	42.3	1655	1642	2189	2186	epi-α-Muurolol	—	0.4	—	—	—	
69	42.6	1667	1653	2236	2227	α-Cadinol	0.3	0.7	—	—	—	
70	44.0	1718				C15H24O2	0.5	—	—	—	—	
71	47.0	1848				C15H22O2	0.3	—	—	—	—	
72	51.8	2080		2404	2426	Kaureno	1.0	—	—	—	0.3	
73	53.8	2184				C19H32O2	0.3	—	—	—	—	
74	54.5	2223				C19H32O2	0.7	—	—	—	—	
75	56.3	2305	2303	2961		Kaurenal	1.8	—	—	—	—	
76	58.5	2397	2400	2987		Kaurenol	0.4	—	—	—	—	
Composición por familia de compuestos												
Monoterpenos (M)							63.4	68.6	89.3	89.7	82.4	
Monoterpenoides y derivados acetilados (MO)							3.8	5.3	5.1	3.5	6.0	
Sesquiterpenos (S)							21.2	20.5	4.1	2.1	6.6	
Sesquiterpenoides (SO)							6.7	5.6	0.9	0.5	2.7	
Diterpenos y diterpenoides (D)							4.2	0.0	0.0	0.0	0.3	
Otros compuestos							0.7	0.0	0.2	0.0	1.8	
Total identificado							100	100	99.6	95.8	99.8	

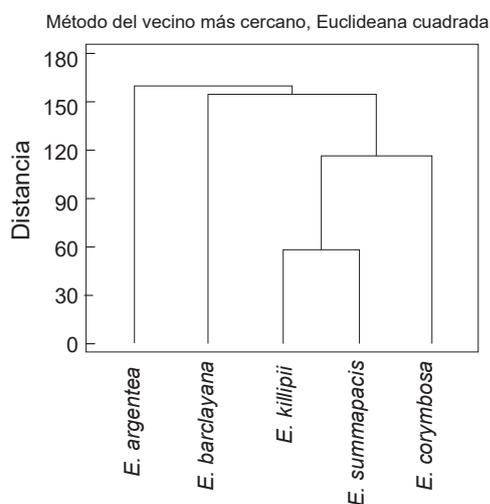


Figura 1. Dendrograma del análisis clúster (SPSS) de la composición de los aceites esenciales *E. argentea*, *E. barclayana*, *E. killipii*, *E. summapacis* y *E. corymbosa*.

Actividad antimicrobiana. Los aceites esenciales analizados no presentaron inhibición frente a *Candida* sp, estos resultados se relacionan con los obtenidos por Alarcón et al. 2016, quienes evaluaron la efectividad del aceite esencial de *E. schiltzii*, frente a dos cepas de *Candida* y no encontraron resultados positivos.

De los aceites evaluados los de *E. killipii* y *E. corymbosa*, presentaron una leve inhibición 11.70% y 5.04% frente *S. aureus*, respectivamente. La evaluación de la actividad biológica de algunas especies de Espeletinae, se ha centrado en la evaluación frente a bacterias patógenas, mostrando una mayor inhibición frente a microorganismos Gram positivos como *S. aureus*, en concentraciones de 1000 a 10 ug/mL (Alarcón et al. 2016; Peña et al. 2012, Meccia et al. 2007). El efecto frente al crecimiento en esta bacteria puede darse a los compuestos presentes en los aceites esenciales, tales como, α- Pineno, que tiene actividad antibacteriana y se encuentra como compuesto mayoritario en estas especies. Se ha determinado que estos compuestos ejercen efectos tóxicos sobre la membrana e inhiben el transporte de iones y respiración (Magiatis 1999).

Actividad antifúngica. La evaluación frente a *Fusarium* sp. permitió evidenciar que entre los aceites esenciales y el control positivo (Benomil 1mg/L), no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) a las 72 h, pero si a las 96 h donde se observa que el el aceite esencial de *E. barclayana* presenta una inhibición similar a la del testigo Benomil (1g/L) (Tabla 3). En el caso de *Chaetomium* sp. a las 72 h, el que mejor respuesta tuvo fue el control comercial, sin embargo, a las 96 h de observación no se encontraron diferencias estadísticas significativas en comparación con el control positivo (Benomil 1mg/L).

El seguimiento del ensayo se realizó hasta los 7 días, donde el Benomil mostró un porcentaje de inhibición promedio del 79.88%, mientras que, en los ensayos con los aceites esenciales los hongos colonizaron toda la caja. Lo anterior puede deberse a la naturaleza volátil de los compuestos presentes en los aceites esenciales (Simões & Spitzer 2000), situación que se presentó en el interior de las cajas de Petri (Rozwalka et al. 2008). Dado los resultados de actividad frente a los hongos, los aceites esenciales de *E. argentea* y *E. corymbosa* se probaron con otras cepas fúngicas: *Botrytis* sp., *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp.

Botrytis sp.: el análisis estadístico de los datos mostró diferencias significativas a los dos días ($p>0.05$). El aceite esencial de *E. argentea* presentó un porcentaje de inhibición similar al del control químico después del sexto día de observación, superando el PICM mayor del 50% durante el tiempo de evaluación (Tabla 4), en el caso de *E. corymbosa* el PICM fue mayor al 30%. Palacios, et al. (2020), evaluaron el efecto antagónico del aceite esencial de *Tagetes lemmonii*, especie de la familia Asteraceae, frente a *B. cinerea* inhibiendo en 36%, en el mismo estudio se observó una inhibición micelial de 65.8%; resultado similar al obtenido con el aceite esencial de *E. argentea* a los 6 días de observación. Por su parte, el control empleado (Benomil) mostró efecto sobre *B. cinerea* con efectos inhibitorios hasta del 80% (Taborda et al., 2015), por lo cual, es un buen control empleado para comparar la inhibición, en este estudio el resultado del aceite esencial de *E. argentea* fue similar al obtenido con el control fúngico de referencia.

Penicillium sp.: el análisis estadístico mostró diferencias significativas en los días 2 y 6. Los ensayos con los aceites esenciales causaron un menor crecimiento fúngi-

co con respecto al control negativo, siendo más efectivo el aceite esencial de *E. corymbosa* el cual presentó PICM entre el 65 a 86% para el caso de *E. argentea* la inhibición estuvo entre el 23 al 68% (Tabla 4). Algunos aceites esenciales, han mostrado tener efecto inhibitorio frente a *Penicillium* sp., como fue el caso del aceite esencial de mandarina frente a cepas de *Penicillium digitatum* y *P. italicum* causando un efecto inhibitorio en el crecimiento, esporulación y germinación del hongo (Velásquez et al. 2014). Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el uso de los aceites esenciales reduce el crecimiento de este microorganismo en comparación con el control negativo.

Alternaria sp.: no se observaron diferencias significativas en ninguno de los días de evaluación. Los aceites esenciales evaluados inhibieron el crecimiento del microorganismo, con porcentajes de inhibición del 31 al 80% (Tabla 4). La acción fúngica de algunos aceites esenciales frente a *Alternaria* sp. ha sido estudiada en diversas investigaciones mostrando efecto inhibitorio hasta del 100% (Duarte, et al., 2013).

En resumen, los aceites esenciales de las especies de *Espeletias* y *Espeletopsis corymbosa* están constituidos principalmente por monoterpenos (48 – 90%), monoterpenoides (5 – 17%) y en menor proporción por sesquiterpenos (4 – 13%) y sesquiterpenoides (4 – 13%). Los componentes mayoritarios identificados en los aceites esenciales fueron α -Pinenos, β -Pinenos, Sabinenos, p-Cimeno, Limoneno, α -felandreno y β -Felandreno. El análisis de clúster de la composición de los aceites esenciales mostró una mayor relación entre los aceites esenciales de las especies *E. killipii* y *E. summapacis*, y de éstos con *E. corymbosa*, mientras que, *E. argentea* presentó mayores diferencias con las demás muestras. De los aceites esenciales evaluados el de *E. argentea* mostró un amplio rango de inhibición frente a las cepas fúngicas de *Fusarium* sp., *Botrytis* sp., *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp. Esta actividad puede relacionarse con la diferencia encontrada en la caracterización del aceite esencial. Este análisis es una aproximación desde los metabolitos secundarios presentes en los aceites esenciales que podrían ser correlacionadas con información genética como herramienta para la comprensión de las relaciones filogenéticas de los frailejones.

Tabla 3. Porcentajes de inhibición del crecimiento micelial de los tratamientos a las 72 y 96 horas frente a *Fusarium* sp. D.E. = Desviación Estándar

Tratamiento	<i>Fusarium</i> sp.				<i>Chaetomium</i> sp.			
	72 horas ($p=0.0578$)		96 horas ($p=0.0423$)		72 horas ($p=0.0417$)		96 horas ($p=0.0921$)	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
T1-Benomil	93.43	4.91	96.40	5.89	97.10	5.02	100	0.00
<i>E. argentea</i>	63.20	25.33	70.17	31.69	61.57	4.52	73.60	73.60
<i>E. barclayana</i>	88.67	8.66	91.83	3.87	73.93	15.71	77.30	77.30
<i>E. corymbosa</i>	81.13	4.33	81.37	5.14	54.37	13.23	64.40	64.40
<i>E. killipii</i>	80.13	1.67	82.87	3.87	71.73	4.35	79.10	.

Tabla 4. Resultados del % de inhibición de los tratamientos frente a *Botrytis* sp., *Penicillium* sp. y *Alternaria* sp. en el tiempo. Control=Benomil (1mg/mL). DE= Desviación Estándar.

<i>Botrytis</i> sp. **							
Tratamientos\Día	n	Día 2 (p=0.0004)		Día 6 (p=0.0131)		Día 9 (p=0.1210)	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
<i>E. argentea</i>	3	52.78a	8.67	49.51ab	3.36	54.90a	18.91
<i>E. corymbosa</i>	3	40.28a	8.67	37.86a	9.55	35.29a	5.88
Control	3	88.89b	2.41	62.14b	3.36	56.47a	4.08

<i>Penicillium</i> sp. *							
Tratamientos\Día	n	Día 2 (p=0.0036)		Día 6 (p=0.0071)		Día 9 (p=0.0643)	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
<i>E. argentea</i>	3	68.00	3.46	68.00	3.46	23.27	4.41
<i>E. corymbosa</i>	3	86.00	3.46	86.00	3.46	65.31	28.28
Control	3	99.10	0.10	99.10	0.10	13.47	2.12

<i>Alternaria</i> sp. **							
Tratamientos\Día	n	Día 2 (p=0.5120)		Día 6 (p=0.0104)		Día 9 (p=0.0793)	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
<i>E. argentea</i>	3	80.95a	8.25	80.95a	8.25	31.11a	13.88
<i>E. corymbosa</i>	3	80.95a	10.91	80.95a	10.91	48.89a	10.18
Control	3	73.81a	4.12	73.81a	4.12	43.70a	3.39

* Kruskal Wallis ** ANOVA.

Así mismo se abre la puerta a estudios que permitan relacionar las lecciones presentes en los frailejones como son homaposis, mertesis, homosis entre otras, las cuales son causadas por cepas fúngicas y correlacionar el grado de afectación según las características de los aceites esenciales y el potencial antifúngico de especies como *E. argentea* y *E. corymbosa*, las cuales en esta investigación mostraron inhibición frente a hongos patógenos y ver si existe una correlación con la presencia de estos compuestos que actúan como defensa química ante el ataque de hongos y por ende de afectaciones sanitarias.

Literatura citada

- Acosta G, Torrenegra R. 2016. Extracción, separación e identificación de la sustancia activa producida por *Espeletia killipii* como defensa ante el ataque de larvas de *Lepidóptero*. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 7(1), 126- 133.
- Alarcón L, Peña A, Velasco J, Usubillaga A, Contreras B, Rojas J, Ramírez D, Aparicio R. 2016. Composición química y evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Espeletia schultzii* Wedd (Asteraceae) recolectada en el estado Trujillo-Venezuela. Academia, 15(35), 69-79.
- Aparicio R, Thayded V, Peña A, Rojas J, Usubillaga A. 2013. Estudio fitoquímico de las hojas de *Espeletia semiglobulata* Cuatrec. Revista de la Facultad de Farmacia, 55(2), 2-6.
- Arce-Araya C, Varela-Benavides I, Torres-Portuguez S. 2019. Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). *Agroonomía Mesoamericana*, 30(2), 381-393. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.32653>
- Báez DH, Ricardi M, Gaviria JC, Estrada J. 1999. Contribución a la etnofarmacología de los páramos venezolanos. *Ciencia*, 7, 23-32.
- Baruch Z. 1979. Elevation differentiation in *Espeletia schultzii* (Compositae), a giant rosette plant of the Venezuelan páramos. *Ecology*, 60(1), 85-98. <https://doi.org/10.2307/1936471>
- Bussmann R, Zambrana N, Romero C, & Hart R. 2018. Astonishing diversity-the medicinal plant markets of Bogotá, Colombia. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 14(1), 1-47. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0241-8>
- Castillo Aguilar B, González Hernández R. 1996. Protocolo de validación de métodos analíticos para la cuantificación de fármacos. *Revista cubana de farmacia*, 30(1).
- Cuatrecasas J. 1986. Speciation and Radiation of the Espeletiinae in the Andes. (Pp. 267-303). En: Vuilleumier, F. & Monasterio, M. (Eds.), *High altitude tropical biogeography*. Oxford University Press.
- De la Torre L, Muriel P, & Balslev H. 2006. Etnobotánica en los Andes del Ecuador. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, 246-267.
- Diazgranados M. 2015. Una mirada biológica a los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá. En: Guhl- Nimtz E. *Los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá*. Edición conmemorativa. -Bogotá: Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2015. 2ª. Ed. Colección Pérez Arbeláez. No. 5. 175-205.
- Diazgranados M, y Castellanos Castro C. 2021. Frailejones en peligro. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Di Renzo J, Casanoves F, Balzarini M, González L, Tablada M, Robledo C. (2018). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. p. 167-231.

- Duarte Y, Pino O, Infante D, Sánchez Y, Travieso MDC, Martínez B. 2013. Efecto in vitro de aceites esenciales sobre *Alternaria solani* Sorauer. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 54-59.
- García-Barriga H. 1992. Flora medicinal de Colombia. *Botánica médica*, 2, 508.
- Khouri N, Usubillaga A, Rojas L. B., & Galarraga, F. 2000. The essential oil of *Espeletia weddellii* Sch. Bip. ex Wedd. *Flavour and fragrance journal*, 15(4), 263-265. [https://doi.org/10.1002/1099-1026\(200007/08\)15:4<263::AID-FFJ907>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/1099-1026(200007/08)15:4<263::AID-FFJ907>3.0.CO;2-Q)
- Magiatis PE, Melliou AL, Skaltsounis IB, Chinou & Mitaku S. 1999. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Pistacia lentiscus* var. Chia. *Planta Médica*. 65(8): 749-752. <https://doi.org/10.1055/s-2006-960856>
- Meccia G, Rojas LB, Velasco J, Díaz T., & Usubillaga A. 2007. Composition and antibacterial screening of the essential oils of leaves and roots of *Espeletia angustifolia* Cuatrec. *Natural Product Communications*, 2(12), 1221-1224. <https://doi.org/10.1177/1934578X0700201205>
- Oliveria Simoes CM, Panto Schenkel E, Gosmann G, MPallazo de Mello JD, Mentz LA, & Petrovick PR. 2000. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Editora da UFRGS.
- Padilla G, Aldana J. & Da Costa F. 2016. Chemical characterization of two morphologically related *Espeletia* (Asteraceae) species and chemometric analysis based on essential oil components. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(6), 694-700. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.05.009>
- Padilla-Gonzalez GF, Diazgranados M, Ccana-Ccapatinta G, Casoti R, & Da Costa FB. 2017. Caffeic acid derivatives and further compounds from *Espeletia barclayana* Cuatrec. (Asteraceae, Espeletiinae). *Biochemical systematics and ecology*, 70, 291-293. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.12.016>
- Palacios OE, Vázquez ÉY, Rodríguez AC, Espinoza FDJ, Vidal R. S., & Cruz, M. Á. S. 2020. Evaluación in vitro de métodos contra *Botrytis cinerea*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(3), 593-606. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2077>
- Peña A, Rojas L, Aparicio R, Alarcón L, Baptista JG, Velasco J, & Usubillaga A. 2012. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Espeletia nana*. *Natural product communications*, 7(5), 661- 662. <https://doi.org/10.1177/1934578X1200700530>
- Quiroz-Sarmiento VF, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A, & Lara Hernández ME. (2008). Antagonismo in vitro de cepas de *Aspergillus* y *Trichoderma* hacia hongos filamentosos que afectan al cultivo del ajo. *Revista mexicana de micología*, 26, 27-34.
- Rivera, D. y Rodríguez, C. (2011). Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. 2011. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 68 p.
- Rozwalka LC, Lima ML, Mio LL, & Nakashima T. 2008. Extractos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. *Ciência Rural*, 38, 301-307. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200001>
- Salazar ER, Hernández A. Tapia L. Gómez-Alpizar. 2012. Identificación molecular del hongo *Colletotrichum* spp., aislado de banano (*Musa* spp) de altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas poscosecha. *Agron. Costarricense*. 36(1):53-68. <https://doi.org/10.15517/rac.v36i1.9964>
- Taborda Andrade LA, Sánchez Orozco MS, Bonilla Correa CR, & Huertas C. 2015. Efecto fungistático de extractos y aceites esenciales de *Lippia origanoides* HBK y *Thymus vulgaris* L. como alternativas de manejo de *Botrytis cinerea* en fresa. *Acta Agronómica*, 64(1), 93-99. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.35773>
- Torrenegra RD. 1995. Chemotaxonomic value of melampolides in *Espeletia* species (Asteraceae). *Biochemical systematics and ecology*, 4(23), 449-450. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(95\)00010-R](https://doi.org/10.1016/0305-1978(95)00010-R)
- Torrenegra RD, Téllez A. & García G. 1994. Química de especies del género *Espeletia*: *Espeletia killipii*-*Espeletia tunjana*. *Revista Colombiana de Química*, 23(2), 29-35.
- Usubillaga A, Khouri N, & Visbal T. 1999. Volatile Constituents from the Leaves of *Espeletia semiglobulata* Cuatrec. *Journal of Essential Oil Research*, 11(6), 757-758. <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9712013>
- Usubillaga A, Khouri N., Rojas, L. B., & Morillo, M. 2001. Essential oil of the leaves from *Espeletia batata* Cuatrec. *Journal of Essential Oil Research*, 13(6), 450-451. <https://doi.org/10.1080/10412905.2001.9699725>
- Velásquez MA, Álvarez RM, Tamayo PJ, & Carvalho CP. 2014. Evaluación in vitro de la actividad fungistática del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1):7-14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:392
- Walton NJ, & Brown DE. 1999. Chemicals from plants: perspectives on plant secondary products. *World Scientific*. <https://doi.org/10.1142/9789812817273>

Agradecimientos / Acknowledgments:

Las autoras agradecen a la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis por la financiación de esta investigación. A Carlos Suarez por el apoyo para la colecta de material vegetal e identificación botánica de las muestras. A Álvaro Perdomo y Camilo Cárdenas por su apoyo en la recolección de material vegetal. A Nubia Espinosa y Martha Pinzón por el apoyo en la activación de los microorganismos evaluados.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Las autoras declaran que no tienen conflicto de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

DCH: Investigación; Escritura-Preparación del borrador original; Redacción-revisión y edición.

DCC-B: Conceptualización; Investigación; Escritura-Preparación del borrador original; Redacción-revisión y edición.

JERM: Investigación; Escritura-Preparación del borrador original; Redacción-revisión y edición.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Financiado por la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber violado u omitido normas éticas o legales al realizar la investigación y esta obra.