



ANÁLISIS QUÍMICO DE ACEITES ESENCIALES AMAZÓNICOS DE UNA COMUNIDAD SHUAR ECUATORIANA

CHEMICAL ANALYSIS OF AMAZONIAN ESSENTIAL OILS OF AN ECUADORIAN SHUAR COMMUNITY

Mayra Montalván¹, Omar Malagón¹, Nixon Cumbicus¹, Fani Tanitana²
y Gianluca Gilardoni*¹

¹Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), calle M, Champagnat s/n 1101608, Loja, Ecuador. .

²Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), calle M, Champagnat s/n 1101608, Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: ggilardoni@utpl.edu.ec

Manuscrito recibido el 30 de enero de 2023. Aceptado, tras revisión, el 05 de agosto de 2023. Publicado el 01 de septiembre de 2023.

Resumen

La presente investigación se realizó con el propósito de determinar la composición química de los aceites esenciales de cuatro especies amazónicas del centro shuar Antuash en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago; las cuales pertenecen a las principales familias aromáticas del Ecuador. Los aceites esenciales de *Critoniopsis pycnantha* (Benth.) H. Rob., *Myrcia aliena* McVaugh, *Piper macrotrichum* C. DC. y *Siparuna schimpffii* Diels, fueron obtenidos de las hojas secas mediante destilación analítica por arrastre de vapor, determinándose un rendimiento por peso con respecto a las hojas secas de 0,24 %, 0,80 %, 0,44 % y 0,32 %, respectivamente. Estos fueron analizados cualitativamente mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y cuantitativamente mediante cromatografía de gases acoplada a detector de ionización de llama (GC-FID), con columna apolar DB-5ms. Se realizó la identificación de los compuestos en base a los espectros de masas y los índices de retención de Van Den Dool Kratz, y se cuantificó calculando los factores de respuesta relativos con base a las entalpías de combustión. Así se determinó riqueza en monoterpenos para el aceite de *M. aliena* y *P. macrotrichum* y riqueza en sesquiterpenos para el aceite de *C. pycnantha* y *S. schimpffii*. Los compuestos mayoritarios en el aceite esencial de *C. pycnantha* fueron γ -muuroleno, bicilogermacreno, (E)-cariofileno α -ylangeno y α -humuleno; para *M. aliena* α -pineno y β -pineno; para *P. macrotrichum* δ -3-careno, eugenol y acetato de chavibetol; y, para *S. schimpffii* espatulenol, 2-undecanona, bicilogermacreno y (E)-Isocroweacina.

Palabras clave: *Critoniopsis pycnantha*, *Piper macrotrichum*, *Myrcia aliena*, *Siparuna schimpffii*.

Abstract

This research was carried out with the aim of determining the chemical composition of the essential oils of four Amazonian species from the Antuash community, Morona canton, province of Morona Santiago. These species belong to the main aromatic families of Ecuador. The essential oils (EO) of *Critoniopsis pycnantha* (Benth.) H. Rob., *Myrcia aliena* McVaugh, *Piper macrotrichum* C. DC. and *Siparuna schimpffii* Diels were obtained from the dry leaves by analytical steam distillation; a percentage yield of 0.24%, 0.80%, 0.44%, and 0.32% was achieved respectively. EO were qualitatively analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) and quantitatively analyzed by gas chromatography coupled to flame ionization detector (GC-FID) with a DB-5ms apolar column. The compounds were identified based on mass spectra and the Van Den Dool and Kratz retention indices. They were quantified by calculating the relative response factors based on the combustion enthalpies. *M. aliena* and *P. macrotrichum* resulted rich in monoterpenes, and *C. pycnantha* and *S. schimpffii* in sesquiterpenes. The major compounds for the essential oils of *C. pycnantha* were γ -muurolene, bicyclogermacrene, (E)-caryophyllene α -ylangene and α -humulene; *M. aliena*: α -pinene and β -pinene; *P. macrotrichum* δ -3-carene, eugenol and chavibetol acetate; and *S. schimpffii*: spathulenol, 2-undecanone, bicyclogermacrene and (E)-Isocroweacin.

Keywords: *Critoniopsis pycnantha*, *Piper macrotrichum*, *Myrcia aliena*, *Siparuna schimpffii*.

Forma sugerida de citar: Montalván, M., Malagón, O., Cumbicus, N., Tanitana, F. y Gilardoni, G. (2023). Análisis químico de aceites esenciales amazónicos de una Comunidad Shuar Ecuatoriana. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 38(2):33-45. <http://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.03>.

IDs Orcid:

Mayra Montalván: <http://orcid.org/0000-0002-1770-7737>

Omar Malagón: <http://orcid.org/0000-0001-7946-7858>

Nixon Cumbicus: <http://orcid.org/0000-0002-4880-6607>

Fani Tanitana: <http://orcid.org/0000-0003-3389-0241>

Gianluca Gilardoni: <http://orcid.org/0000-0003-0915-9416>

1 Introducción

En Ecuador existen alrededor de 295 familias de plantas con utilidad medicinal de las cuales 60 a 80 familias son productoras de aceites esenciales, como *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Apiaceae* y *Pinaceae* (Aguirre-Mendoza, Aguirre-Mendoza y Muñoz, 2017). El estudio de la fracción aromática de las especies vegetales es uno de los enfoques de mayor investigación en relación con la gran diversidad de especies vegetales distribuidas en las cuatro regiones del país. Los aceites esenciales son mezclas complejas de metabolitos secundarios principalmente monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos producidos por diferentes partes de las plantas. Son ampliamente utilizados en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica por presentar propiedades antisépticas, antibacterianas, antivirales y antifúngicas (Camus y Trujillo, 2011; Ochoa-Pumaylle y col., 2012; León-Méndez, Osorio-Fortich y Martínez-Useche, 2015; Noriega-Rivera, 2009). Por esta razón el objetivo de la presente investigación fue realizar la identificación química cualitativa y cuantitativa de las fracciones volátiles de cuatro especies amazónicas *Critoniopsis pycnantha*, *Myrcia aliena*, *Piper macrotrichum* y *Siparuna schimpffii* provenientes del centro shuar Antuash, provincia de Morona Santiago, de las cuales existe escasa información. El análisis químico se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y a detector de ionización de llama.

Critoniopsis pycnantha es un arbusto o árbol nativo que crece a una altura entre 1500 a 3000 m.s.n.m. (Missouri Botanical Garden, 2022) y presenta utilidad apícola (Torre y col., 2008). *Myrcia aliena* es un árbol nativo de la región andina y amazónica que crece a una altura entre 500 a 2500 m.s.n.m. (Missouri Botanical Garden, 2022), conocida localmente como “awapit”, su tallo es maderable y su fruto sirve de alimento a los animales (Torre y col., 2008). *Piper macrotrichum* es un subarbusto o arbusto nativo encontrado en las provincias de Morona Santiago, Napo, Pastaza a una altura entre 0 a 1000 m.s.n.m. (Missouri Botanical Garden, 2022). *Siparuna schimpffii* es un arbusto o árbol nativo que se encuentra a una altura entre 0 a 1500 m.s.n.m. en las provincias de Tungurahua, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Missouri Botanical Garden, 2022), conocido como “chiri wayusa, mal ai-

re panka, ardillón”. Esta especie tiene algunos usos medicinales, empleándose sus hojas en infusión para combatir el cansancio y la corteza para aliviar el dolor general del cuerpo producido por la fiebre. También se usa para limpiar el “mal aire” y su tallo se utiliza como poste para la construcción (Torre y col., 2008). Además, las especies del género *Siparuna* son utilizadas en la medicina tradicional para el alivio del dolor, inflamación, fiebre e infecciones (Ferreira-Silva, Oliveira y Oliveira, 2021).

2 Materiales y Métodos

2.1 Datos generales

El análisis de los aceites esenciales se realizó en un cromatógrafo de gases Thermo Scientific (Wal-than, MA, USA) Trace 1300 acoplado a un espectrómetro de masas simple cuadrupolo ISQ 7000 (GC-MS siglas en inglés) y a un detector de ionización de llama tradicional (GC-FID siglas en inglés). Se usó una columna apolar DB-5MS con fase estacionaria 5%-fenil-metilpolisiloxano, de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μm de espesor.

Los solventes y estándares usados fueron de grado analítico con una pureza mayor a 99% y adquiridos en Sigma Aldrich (San Luis, Misuri E.E.U.U). En el caso del caproato de isopropilo fue sintetizado en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja con una pureza de 98,8%, determinada mediante GC-FID.

2.2 Recolección de especies

Las cuatro especies amazónicas *Critoniopsis pycnantha*, *Myrcia aliena*, *Piper macrotrichum* y *Siparuna schimpffii* fueron recolectadas en el centro shuar Antuash-Morona Santiago, con las siguientes coordenadas 02°39'41.74" S 77°42'44.95" O, 02°39'44.74" S 77°42'55.81" O, 02°39'49.87" S 77°43'21.25" O y 02°39'44.52" S 77°43'28.86" O, respectivamente. Las cuatro especies se encontraron en estado de floración y se recolectaron en período de lluvias. El estudio se realizó de acuerdo con el permiso de investigación MAAE-ARSFC-2021-1233, bajo el consentimiento libre, previo e informado, de acceso al conocimiento tradicional, asociado a la biodiversidad (Recursos biológicos y genéticos), y sus alcances, firmado de manera libre y voluntaria entre la UTPL, ProAmazonía y la comunidad de Antuash

con el amparo legal del Protocolo de Nagoya y la ley ecuatoriana. Este se suscribió en el Centro Shuar Antuash el 22 de abril de 2022. Las especies fueron ingresadas en el herbario de la Universidad Técnica Particular de Loja (HUTPL), con los siguientes códigos de Voucher 14684 (*C. pycnantha*), 14685 (*M. aliena*), 14691 (*P. macrotrichum*) y 14692 (*S. schimpffii*).

2.3 Obtención y rendimiento de los aceites esenciales

Los aceites esenciales (AE) de las especies antes mencionadas fueron obtenidos de las hojas secas mediante destilación analítica por arrastre de vapor, proceso que tuvo una duración de tres horas. Las hojas fueron secadas a una temperatura de 35°C durante 48 horas. El aceite esencial se recolectó sobre dos mililitros de ciclohexano, el cual a su vez contenía nonano como estándar interno y que se colocó previo a comenzar la destilación. Luego se recuperó y almacenó en viales ámbar en refrigeración a -4°C. Los rendimientos fueron calculados con la cantidad en volumen de AE destilado en solución de ciclohexano y nonano con respecto al peso de las hojas secas de *Critoniopsis pycnantha* (61,8 g), *Myrcia aliena* (81,5 g), *Piper macrotrichum* (40,6 g) y *Siparuna schimpffii* (95,5 g).

2.4 Preparación de muestras de aceite esencial

Los cuatro aceites esenciales obtenidos se diluyeron para su inyección en el cromatógrafo de gases. Para las especies *M. aliena* y *C. pycnantha* se realizó una dilución 1 en 1000 con ciclohexano y para *P. macrotrichum* y *S. schimpffii* una dilución 1 en 500 con ciclohexano.

2.5 Análisis cualitativo

2.5.1 Método cromatográfico

El método empleado para las inyecciones de los AE en el GC-MS consistió en temperatura del inyector: 200°C; modo de inyección: split, con relación de split 10, volumen de inyección: 2 μ L para *C. pycnantha*, *P. macrotrichum* y *S. schimpffii* y 1 μ L para *M. aliena*; columna DB-5ms con un flujo de He de 1 mL/min; programa térmico: temperatura del horno 50°C durante 10 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 250°C durante 5 minutos.

Tiempo total de corrida: 81,66 minutos. Se usó una temperatura de la línea de transferencia del espectrómetro de masas de 200°C y de la fuente de iones de 230°C, un rango de masas de 40-400 m/z y dos minutos de espera para el encendido del detector.

2.5.2 Identificación de los compuestos

Con las muestras de aceite esencial y con el mismo método cromatográfico descrito para espectrometría de masas, se inyectó una mezcla de hidrocarburos de la serie C9 a C22 para obtener las ecuaciones que nos permitieron a su vez determinar los índices de Van Den Dool y Kratz de cada compuesto (Van Den Dool y Dec Kratz, 1963). La identificación se realizó en base al espectro de masas y una diferencia no mayor a veinte unidades entre los índices calculados y los índices de retención descritos en Adams (2017).

2.6 Análisis cuantitativo

2.6.1 Método cromatográfico

Las inyecciones en GC-FID se realizaron con las siguientes condiciones: temperatura del inyector de 230°C, modo de inyección split, con radio de split 10 para *P. macrotrichum* y 40 para *C. pycnantha*, *S. schimpffii* y *M. aliena*, siendo el volumen de inyección 1 μ L; columna DB-5ms con flujo de 1 mL/min; programa térmico: temperatura del horno 50°C durante 10 minutos y rampa de temperatura de 2°C/min hasta 170°C y 10°C/min hasta 230°C durante 10 minutos. El tiempo total de corrida fue de 83 minutos. La temperatura del detector fue de 230°C.

2.6.2 Cuantificación

La cuantificación de los compuestos se realizó con el detector FID, conforme al método propuesto por Tissot y col. (2012). Para ello se calculó el factor de respuesta relativo (FRR) de cada compuesto respecto al caproato de isopropilo que se empleó como estándar de cuantificación. Los FRR se basaron en las entalpías de combustión y se determinaron con la fórmula descrita por Tissot y col. (2012). Se usó el nonano como estándar interno y el caproato de isopropilo como estándar de calibración. Se realizó la inyección de cuatro repeticiones por muestra de AE y de seis estándares con las mismas condiciones

cromatográficas. Estos estándares se prepararon pesando cantidades constantes de nonano (7,13 mg) y cantidades crecientes de caproato de isopropilo (0,6; 1,4; 4,2; 8,3; 16,4 y 33,6 mg) aforando con ciclohexano. La curva presentó un R^2 de 0,9998 y la ecuación obtenida nos permitió obtener los miligramos de cada compuesto. Se consideró un límite de detección de 0,1%, calculando los porcentajes de cada componente en relación a la masa total de AE. Se calculó la media y desviación estándar para cada compuesto.

3 Resultados y discusión

3.1 *Critoniopsis pycnantha*

En el aceite esencial de *C. pycnantha* se identificaron 63 compuestos, siendo los compuestos mayoritarios γ -muuroлено en un 34,45%, biciclogermacreno en un 12,04%, (E)-cariofileno en un 11,05%, α -ylangeno en 5,37% y α -humuleno en 4,68%. Estos compuestos se muestran en el cromatograma de la Figura 1 y se detallan en la Tabla 1.

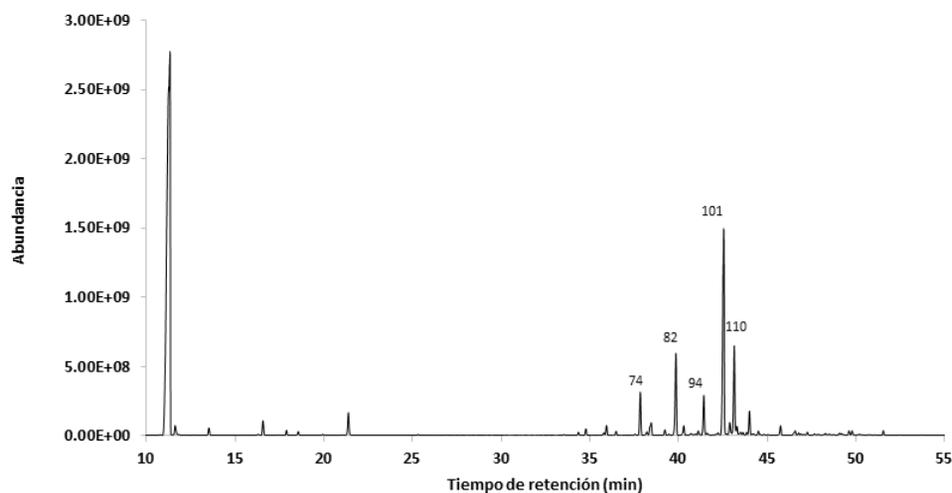


Figura 1. Cromatograma de aceite esencial de *C. pycnantha* en columna DB-5ms.

3.2 *Piper macrotrichum*

En el aceite esencial de *P. macrotrichum* se determinaron 66 compuestos correspondientes al 98,71%. Se encontró como compuestos mayoritarios al δ -3-careno (58,21%), eugenol (9,75%) y acetato de chavibetol (7,81%), evidenciándose mayor cantidad de hidrocarburos monoterpenos en un 73,92% del total. Los compuestos identificados se describen en la Tabla 1 y se pueden observar en el cromatograma de la Figura 2.

3.3 *Myrcia aliena*

En el aceite esencial de *M. aliena* se identificó un total de 43 compuestos, lo cual representa el 98,92%,

siendo los compuestos mayoritarios dos monoterpenos α -pineno (72,19%) y β -pineno (15,82%). Los compuestos se pueden visualizar en el cromatograma de la Figura 3 y se detallan en la Tabla 1.

3.4 *Siparuna Schimpffii*

En el aceite esencial de *S. schimpffii* se encontraron 125 compuestos, los cuales representan el 93,65% del total. Se identificaron como compuestos mayoritarios espatulenol (12,10%), 2-undecanona (10,87%), (E)-isocroweacina (6,41%) y biciclogermacreno (5,84%), los cuales se pueden visualizar en el cromatograma de la Figura 4 y se describen en la Tabla 1.

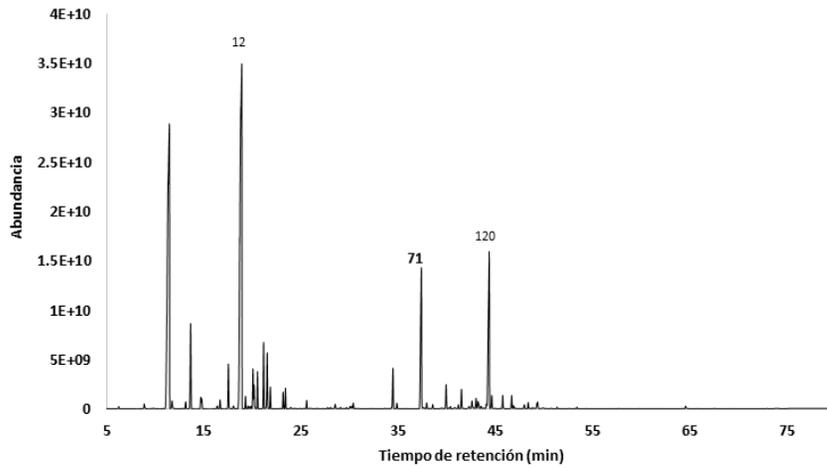


Figura 2. Cromatograma de aceite esencial de *P. macrotrichum* en columna DB-5ms.

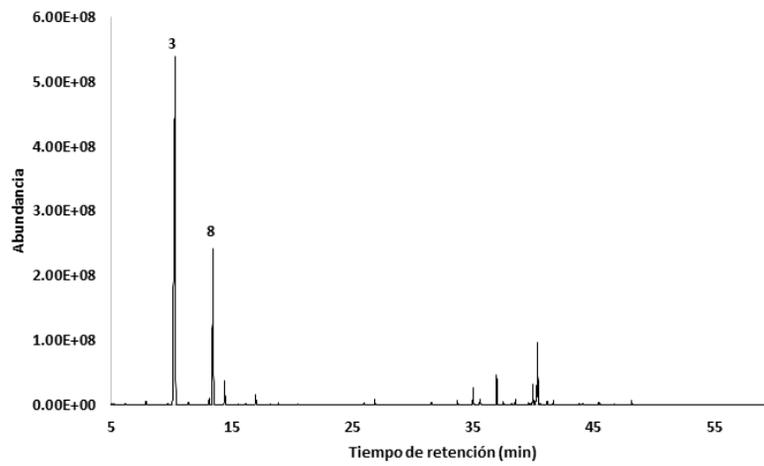


Figura 3. Cromatograma de aceite esencial de *M. aliena* en columna DB-5ms.

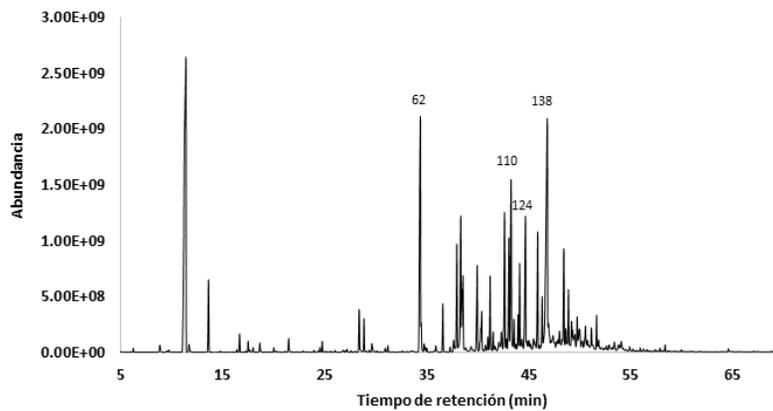


Figura 4. Cromatograma de aceite esencial de *S. schimpffii* en columna DB-5ms.

Tabla 1. Composición química del aceite esencial de *Critoniopsis pycnantha*, *Myrcia aliena*, *Piper macrotrichum* y *Siparuna schimpffii* en columna DB- 5ms.

IRC: Índice de retención calculado. **IRL:** Índice de retención de literatura. **ND:** No determinado. **PM:** Peso molecular. σ : Desviación estándar.

N°	Compuestos	IRC	IRL	<i>C.pycnantha</i>		<i>M.aliene</i>		<i>P. macrotrichum</i>		<i>S.schimpffii</i>	
				%	σ	%	σ	%	σ	%	σ
1	(2E,4E)- hexadienol	905	912	TRAZA	0,03	-	-	TRAZA	-	TRAZA	-
2	α -tujeno	928	924	-	-	TRAZA	-	0,25	0,01	2,00	0,11
3	α -pineno	933	932	1,08	0,03	72,19	0,21	3,21	0,1	-	-
4	α -fencheno	948	945	-	-	-	-	0,44	0,02	TRAZA	-
5	Canfeno	950	946	-	-	0,13	0,01	0,39	0,01	-	-
6	benzaldehído	972	952	-	-	-	-	-	-	0,06	0,01
7	Sabineno	973	969	0,14	0,01	0,48	0,02	0,10	0,01	-	-
8	β -pineno	977	974	2,15	0,03	15,82	0,07	0,34	0,01	0,51	0,03
9	mirreno	990	988	-	-	1,60	0,03	1,60	0,05	0,32	0,01
10	2-pentil furano	990	984	-	-	-	-	-	-	0,10	0,01
11	δ -2-careno	1009	1001	-	-	TRAZA	-	-	-	-	-
12	δ -3-careno	1009	1008	0,04	0,02	TRAZA	-	58,21	1,72	0,22	0,01
13	α -terpineno	1017	1014	-	-	-	-	0,34	0,02	-	-
14	ρ -cimeno	1023	1020	0,04	0,02	-	-	0,07	0,01	-	-
15	ND (PM 136)	1024	1025	-	-	-	-	0,14	0,01	-	-
16	o-cimeno	1027	1022	-	-	0,05	0,01	TRAZA	-	TRAZA	-
17	Limoneno	1029	1024	0,52	0,02	TRAZA	-	1,40	0,04	0,11	0,01
18	β -felandreno	1031	1025	0,47	0,02	0,75	0,01	0,59	0,06	TRAZA	-
19	1,8-cineol	1033	1026	-	-	-	-	TRAZA	-	TRAZA	-
20	(Z)- β -ocimeno	1037	1032	0,12	0,03	-	-	1,15	0,04	TRAZA	-
21	cis-arbusculona	1045	1046	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
22	(E)- β -ocimeno	1048	1044	TRAZA	-	TRAZA	-	2,74	0,27	0,05	-
23	ND (PM 120)	1052	1055	4,36	0,21	-	-	-	-	0,12	-
24	ND (PM 152)	1053	-	-	-	-	-	-	-	0,54	0,06
25	ND (PM 150)	1054	-	-	-	-	-	1,11	0,03	-	-
26	γ -terpineno	1057	1054	-	-	0,10	0,01	0,68	0,02	-	-
27	o- tolualdehído	1057	1062	-	-	0,26	0,08	-	-	-	-
28	(2E)-octen-1-al	1066	1049	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
29	trans-óxido de linalol (furanoide)	1073	1084	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
30	Isoterpinoleno	1082	1085	-	-	-	-	0,53	0,01	-	-
31	Terpinoleno	1086	1086	-	-	0,07	0,01	0,65	0,02	TRAZA	-
32	ND (PM 154)	1094	-	-	-	-	-	0,06	0,01	-	-
33	2-nonanona	1095	1087	-	-	-	-	TRAZA	-	TRAZA	-
34	α -óxido de pineno	1098	1099	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
35	n-nonanal	1110	1100	-	-	-	-	TRAZA	-	0,02	0,01
36	ND (PM 152)	1122	-	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
37	1-terpineol	1125	-	-	-	-	-	0,27	0,01	-	-
38	neo- <i>allo</i> -ocimeno	1131	1140	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
39	α -canfolenal	1133	1122	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
40	trans-pinocarveol	1147	1135	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
41	Nopinona	1149	1135	-	-	-	-	-	-	0,05	0,01
42	trans-verbenol	1153	1140	-	-	-	-	-	-	0,12	0,01
43	Canfor	1155	1141	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
44	cis-pinocarveol	1166	1166	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
45	1-dodeceno	1168	1187	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
46	Pinocarvona	1171	1160	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
47	α -felandren-8-ol	1172	1172	-	-	-	-	0,05	0,01	-	-
48	n-nonanol	1178	1165	-	-	-	-	-	-	0,95	0,28
49	Borneol	1179	-	-	-	TRAZA	-	-	-	-	-
50	ácido octanoico	1184	1167	-	-	-	-	-	-	0,95	0,04
51	4-terpineol	1186	1174	-	-	0,17	0,01	-	-	-	-
52	ρ -cimen-8-ol	1197	1197	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
53	α -terpineol	1203	1186	-	-	0,33	0,01	-	-	0,22	0,09
54	ND (PM152)	1203	-	-	-	-	-	0,06	0,01	-	-
55	Safranal	1209	1197	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
56	ND (PM 204)	1211	-	-	-	-	-	0,08	0,01	-	-

Continúa en la siguiente página

Tabla 1 – Continuación de la página anterior

Nº	Compuestos	IRC	IRL	<i>C.pycnantha</i>		<i>M.aliens</i>		<i>P.macrotichum</i>		<i>S.schimpffii</i>	
				%	σ	%	σ	%	σ	%	σ
57	n-decanal	1212	1201	-	-	-	-	TRAZA	-	TRAZA	-
58	acetato de octanol	1215	1211	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
59	Verbenona	1219	1204	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
60	β -ciclocitral	1223	1217	-	-	-	-	0,28	0,02	0,13	0,01
61	ND (PM 164)	1234	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,01
62	2-undecanona	1298	1293	1,01	0,03	0,06	0,02	-	-	10,87	0,4
63	Safrol	1299	1285	-	-	-	-	TRAZA	-	0,17	0,17
64	(Z)-cinamato de metilo	1301	1299	-	-	-	-	1,61	0,06	-	-
65	1-trideceno	1307	1290	-	-	-	-	-	-	0,13	0,01
66	(3E)-tiglato de hexenilo	1310	1315	-	-	-	-	0,22	0,01	0,13	0,02
67	n-acetato de nonilo	1313	1311	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
68	neo iso-acetato de isopulegol	1328	1312	0,37	0,05	-	-	-	-	-	-
69	δ -elemeno	1332	1335	0,37	0,05	-	-	-	-	TRAZA	-
70	α -cubebeno	1346	1348	0,49	0,04	0,16	0,01	-	-	0,97	0,03
71	Eugenol	1363	1356	-	-	-	-	9,75	0,36	0,11	0,02
72	Ciclosativeno	1368	1369	0,14	0,02	TRAZA	-	-	-	-	-
73	Isolodeno	1371	1374	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
74	α -ylangeno	1373	1373	5,37	0,09	0,58	0,01	-	-	TRAZA	-
75	α -copaeno	1377	1374	-	-	-	-	0,19	0,01	3,54	0,31
76	β -borboneno	1383	1387	0,34	0,03	-	-	-	-	2,87	0,08
77	β -cubebeno	1387	1387	-	-	0,18	0,04	-	-	0,46	0,46
78	β -elemeno	1389	1389	1,33	0,03	-	-	0,10	0,01	1,01	0,43
79	α -gurjuneno	1404	1409	0,71	0,02	-	-	-	-	-	-
80	ND (PM 204)	1408	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,01
81	cis- α -bergamoteno	1410	1411	0,14	0,01	-	-	-	-	-	-
82	(E)-cariofileno	1420	1417	11,05	0,19	1,28	0,02	-	-	-	-
83	(Z)-cariofileno	1422	1408	-	-	-	-	0,85	0,03	2,59	0,06
84	(E)- α -ionona	1428	1428	-	-	-	-	0,06	0,01	0,93	0,12
85	ND (PM 204)	1429	-	0,70	0,02	-	-	-	-	-	-
86	γ -elemeno	1431	1434	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
87	β -gurjuneno	1432	1431	-	-	-	-	-	-	0,16	0,07
88	α -trans-bergamoteno	1433	1432	-	-	0,13	0,01	-	-	-	-
89	Aromadendreno	1437	1439	0,15	0,02	-	-	-	-	0,10	0,02
90	ND (PM 204)	1438	-	0,09	0,03	-	-	-	-	-	-
91	ND (PM 204)	1447	1458	-	-	-	-	-	-	0,29	0,02
92	(Z)- β -farneseno	1449	1440	0,32	0,02	-	-	-	-	-	-
93	Sesquisabineno	1453	1457	-	-	TRAZA	-	-	-	1,23	0,03
94	α -humuleno	1457	1452	4,68	0,07	-	-	-	-	0,38	0,01
95	isovalerato de linalol	1457	1466	-	-	0,20	0,11	-	-	-	-
96	ND (220)	1459	-	-	-	-	-	0,48	0,21	-	-
97	ND (PM 222)	1460	1458	0,11	0,03	-	-	-	-	-	-
98	allo-aromadendreno	1463	1458	TRAZA	-	-	-	-	-	0,08	0,03
99	cis-cadina 1(6).4-dieno	1464	1461	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
100	(E)-9-epi-cariofileno	1474	1464	0,34	0,03	-	-	-	-	0,14	0,02
101	γ -muuroleno	1480	1478	34,45	0,6	-	-	0,22	0,24	0,36	0,06
102	trans-cadina 1(6).4-dieno	1483	1475	-	-	0,13	0,01	-	-	-	-
103	germacreno D	1485	1480	-	-	-	-	-	-	3,52	0,12
104	trans-muurola 4(14).5-dieno	1485	1493	-	-	-	-	0,20	0,09	-	-
105	δ -selineno	1487	1492	TRAZA	-	-	-	-	-	-	-
106	ND (PM 204)	1490	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03
107	β -selineno	1491	1489	1,62	0,2	0,68	0,02	-	-	-	-
108	2-tridecanona	1495	1500	-	-	TRAZA	-	-	-	-	-
109	α -selineno	1499	1498	-	-	2,89	0,09	-	-	-	-
110	Biciclogermacreno	1499	1500	12,04	0,28	-	-	0,31	0,04	5,84	0,45
111	α -muroleno	1502	1500	-	-	-	-	0,33	0,02	-	-
112	(E,E)- α -farneseno	1502	1505	0,83	0,05	-	-	-	-	2,05	0,03
113	β -bisaboleno	1506	1505	0,83	0,05	-	-	-	-	-	-
114	Miristicina	1507	1517	-	-	TRAZA	-	TRAZA	-	TRAZA	-
115	germacreno A	1509	1508	0,55	0,04	-	-	-	-	-	-
116	ND (PM 204)	1512	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,01
117	γ -cadineno	1517	1513	-	-	-	-	-	-	0,13	0,01

Continúa en la siguiente página

Tabla 1 – Continuación de la página anterior

N°	Compuestos	IRC	IRL	<i>C.pycnantha</i>		<i>M.aliens</i>		<i>P. macrotrichum</i>		<i>S.schimpffii</i>	
				%	σ	%	σ	%	σ	%	σ
118	δ -amorfeno	1518	1511	2,77	0,04	-	-	-	-	-	-
119	δ -cadineno	1521	1522	-	-	0,12	0,01	TRAZA	-	0,82	0,02
120	acetato de chavibetol	1526	-	-	-	-	-	7,81	3,19	-	-
121	<i>cis</i> -calameneno	1527	1528	-	-	-	-	-	-	1,54	0,13
122	(<i>Z</i>)-carpacina	1531	1540	0,19	0,02	-	-	-	-	-	-
123	<i>trans</i> -cadina-1.4-dieno	1534	1533	0,13	0,01	-	-	-	-	-	-
124	(<i>E</i>)-isocroweacina	1534	1553	-	-	0,15	0,01	0,63	0,03	6,41	1,19
125	ND (PM 222)	1538	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,04
126	α -cadineno	1540	1537	0,06	0,04	-	-	-	-	0,29	0,01
127	(<i>Z</i>)-nerolidol	1544	1531	-	-	-	-	-	-	0,37	0,01
128	selina 3.7(11)-dieno	1546	1545	-	-	-	-	-	-	0,13	0,01
129	α -calacoreno	1548	1544	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
130	Hediciariol	1555	1546	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
131	Elemicina	1558	1555	-	-	-	-	-	-	0,17	0,03
132	ND (PM 220)	1560	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,01
133	(<i>E</i>)-nerolidol	1563	1561	-	-	-	-	0,30	0,18	-	-
134	germacreno B	1564	1559	1,35	0,03	-	-	-	-	3,07	0,06
135	(<i>Z</i>)-acetato de isoeugenol	1565	1566	-	-	-	-	0,12	0,22	-	-
136	ND (PM 218)	1573	1573	-	-	-	-	-	-	1,86	0,79
137	ND (PM 220)	1576	1576	-	-	-	-	-	-	5,57	0,48
138	Espatuleno	1585	1577	0,75	0,06	-	-	-	-	12,10	1,33
139	óxido de cariofileno	1589	1582	0,20	0,03	TRAZA	-	0,10	0,03	-	-
140	ND (PM 220)	1592	-	-	-	-	-	-	-	0,58	0,28
141	Guaiol	1600	1600	0,39	0,03	-	-	-	-	-	-
142	ND (PM 238)	1603	-	0,06	0,01	-	-	0,09	0,01	-	-
143	ND (PM 222)	1603	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,01
144	ND (PM 220)	1608	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,04
145	Ledol	1610	1602	0,14	0,03	-	-	-	-	-	-
146	β -oplopenona	1612	-	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
147	ND (PM 220)	1616	-	-	-	-	-	-	-	0,34	0,2
148	epóxido de humuleno II	1616	1607	0,07	0,01	-	-	-	-	-	-
149	(<i>E</i>)-acetato de isoeugenol	1619	1614	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
150	ND (PM 220)	1621	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,02
151	dill apiol	1630	1620	0,23	0,03	0,11	0,01	0,20	0,01	3,21	0,05
152	1- <i>epi</i> -cubenol	1634	1627	0,15	0,03	TRAZA	-	-	-	-	-
153	ND (PM 222)	1637	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,04
154	epoxide <i>allo</i> -aromadendreno	1644	1639	0,12	0,02	-	-	-	-	0,80	0,16
155	ND (PM 220)	1644	-	-	-	-	-	-	-	1,58	0,02
156	ND (PM 220)	1647	-	-	-	0,05	0,01	-	-	-	-
157	β -eudesmol	1649	1649	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
158	Cubenol	1650	1645	-	-	TRAZA	-	-	-	-	-
159	<i>epi</i> - α -cadinol	1653	1638	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
160	α -muurolol (torreyol)	1648	1644	0,38	0,12	-	-	-	-	-	-
161	ND (PM 204)	1653	-	0,38	0,12	-	-	-	-	-	-
162	<i>epi</i> - α -muurolol	1655	1640	0,38	0,12	-	-	-	-	0,24	0,15
163	(<i>Z</i>)-14- <i>hidroxy</i> -cariofileno	1656	1666	0,38	0,12	-	-	-	-	-	-
164	ND (PM 220)	1658	-	-	-	-	-	-	-	0,48	0,15
165	α -cadinol	1659	1652	0,44	0,12	TRAZA	-	0,15	0,01	0,81	0,16
166	neo-intermedeol	1668	1658	0,41	0,11	TRAZA	-	-	-	-	-
167	ND (PM 238)	1673	-	-	-	-	-	0,05	0,01	-	-
168	ND (PM 220)	1673	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,07
169	ND (PM 220)	1678	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03
170	ND (PM 220)	1681	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,04
171	ND (PM 220)	1689	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,23
172	ND (PM 222)	1698	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,01
173	2-pentadecanona	1704	1697	-	-	0,20	0,01	-	-	-	-
174	ND (PM 220)	1705	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,06
175	ND (PM 220)	1710	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,08
176	(<i>2E</i>)-acetato de tridecenol	1714	1703	0,45	0,01	-	-	-	-	-	-
177	ND (PM 218)	1719	-	-	-	-	-	-	-	2,13	0,08
178	ND (PM 220)	1725	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03

Continúa en la siguiente página

Tabla 1 – Continuación de la página anterior

Nº	Compuestos	IRC	IRL	<i>C.pycnantha</i>		<i>M.aliens</i>		<i>P.macrotrichum</i>		<i>S.schimpffii</i>	
				%	σ	%	σ	%	σ	%	σ
179	ND (PM 220)	1735	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,01
180	ND (PM 220)	1741	-	-	-	-	-	-	-	0,11	0,02
181	Isobicyclogermacrenal	1747	1733	-	-	-	-	-	-	0,17	0,05
182	ND (PM 220)	1753	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,06
183	ND (PM 220)	1760	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,06
184	ND (PM 220)	1762	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,06
185	ND (PM 220)	1768	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,07
186	15-al γ -curcumeno	1777	1766	-	-	-	-	-	-	0,13	0,02
187	14-hydroxy- α -muroleño	1787	1779	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
188	14-hydroxy- δ -cadineno	1810	1803	-	-	-	-	-	-	0,05	0,01
189	ND (PM 222)	1820	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,01
190	ND (PM 262)	1887	-	0,12	0,02	-	-	-	-	-	-
191	ND (PM 268)	1891	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,01
192	(5Z,9E)-farnesil acetona	1912	1889	-	-	-	-	-	-	0,12	0,01
193	hexadecanoato de metilo	1927	1921	-	-	-	-	TRAZA	-	-	-
194	Fitol	1942	1942	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
195	ND (PM 268)	1963	-	-	-	-	-	-	-	0,14	0,01
196	(6E,10Z)-pseudofitol	2024	2018	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
197	ND (PM 316)	2031	-	-	-	0,06	0,1	-	-	-	-
198	ND (PM 300)	2097	-	0,19	0,04	-	-	-	-	-	-
199	ND (PM 222)	2101	-	-	-	-	-	0,07	0,04	-	-
200	ND (PM 328)	2106	-	0,54	0,02	-	-	-	-	-	-
201	ND (PM 296)	2108	-	-	-	-	-	-	-	0,14	0,01
202	ácido oleico	2125	2141	-	-	-	-	-	-	TRAZA	-
203	ND (PM 300)	2188	-	0,06	0,01	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos monoterpenos				4,58		91,19		73,92		3,24	
Monoterpenos oxigenados				1,01		0,56		12,19		12,29	
Hidrocarburos sesquiterpenos				80,12		6,14		2,72		32,02	
Sesquiterpenos oxigenados				3,68		0,45		0,76		29,32	
Otros				5,56		0,58		9,12		16,77	
TOTAL (%)				94,94		98,92		98,71		93,65	

En este estudio se evidenció que el aceite esencial de *C. pycnantha* está compuesto principalmente por sesquiterpenos, los cuales representan el 80,12% del total de su composición. Tran y Cramer (2014) describen a los terpenos en general como compuestos con gran importancia económica al ser empleados como aromas, saborizantes, especias y fármacos, y ayudan a las especies vegetales atrayendo a los polinizadores (Xu y col., 2017). Los sesquiterpenos son compuestos con actividad antitumoral, antimicrobiana y con efectos sobre el sistema nervioso central de acuerdo a lo referido por Sá, Andrade y De Sousa (2015), quien menciona además que los compuestos mayoritarios son los que por lo general establecen la actividad biológica de un aceite esencial. Dentro de los compuestos mayoritarios se encontró al (E)-cariofileno (11%). Shan, Chen y Lu (2016) lo mencionan como uno de los sesquiterpenos más importantes por poseer propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y acción anestésica local. (E)-cariofileno es empleado también en la industria alimentaria y cosmética como aroma (Montanari

y col., 2011).

En relación a especies del género *Myrcia*, Moraes y col. (2022) y De Cerqueira y col. (2007) mencionan que los aceites esenciales de las hojas de *Myrcia paivae* O.Berg y *Myrcia myrtifolia* DC son aceites ricos en monoterpenos con 77,0% y 94,1% del total de su composición, lo cual se observó en el aceite esencial de la especie *M. aliens*, donde se determinó el 91,19% de estos compuestos. Además, Moraes y col. (2022) y De Cerqueira y col. (2007) describen al α -pineno como uno de los compuestos mayoritarios con 6,39% en el AE de *Myrcia paivae* O.Berg y en un porcentaje del 61,5 al 90,9% en los aceites esenciales de las hojas, flores y frutos de *Myrcia myrtifolia* DC. En nuestro estudio el α -pineno se encontró en un 72,2% y el β -pineno en un 15,8%. Ambos compuestos también se describen como mayoritarios en el AE de la especie *Myrcia mollis*, en la cual se encontraron en 29,2% el α -pineno y 31,3% el β -pineno (Montalván y col., 2019). Los monoterpenos brindan protección a las especies vegetales contra insectos, herbívoros, y mamíferos y tienen funciones

alelopáticas al bloquear la germinación de semillas (Thoss, OâReilly-Wapstra y Iason, 2007). Los monoterpenos α -pineno y β -pineno son isómeros estructurales comúnmente encontrados en los aceites esenciales. Presentan actividad antiviral, antifúngica, antimicrobiana, acción anticancerígena, antiespasmódica, antipalúdica, antiinflamatoria y antioxidante (Zielińska-Błajet y Feder-Kubis, 2020). Además, el α -pineno y β -pineno actúan como agentes bacteriostáticos y fungistáticos (Talebi-Kouyakh, Naghavi y Alayhs, 2008).

Navickiene y col. (2006) menciona que los aceites esenciales de hojas, tallos y frutos de las especies *Piper aduncum*, *Piper arboreum* y *Piper tuberculatum* comparten ciertos compuestos en común, los cuales son α -pineno, limoneno, mirceno, (E)-ocimeno, (Z)-ocimeno y linalool. En el aceite esencial de *Piper macrotrichum* se encontraron también estos compuestos a excepción del linalool. Y se determinaron como compuestos mayoritarios δ -3-careno (58,21%), eugenol (9,75%) y acetato de chavibetol (7,81%), de los cuales el eugenol fue encontrado como mayoritario del AE de hojas de *Piper divaricatum* con 37,5%, y el δ -3-careno con 9,6% y 35,3% en el AE de las hojas de *Piper* aff. *Hispidum* y *Piper sanctifelicis*, respectivamente (Jaramillo-Colorado, Pino-Benitez y González-Coloma, 2019). El δ -3-careno además es uno de los principales compuestos del AE de *Piper nigrum* con 14,4%. Arunachalam et al. (2023) describe para el eugenol y linalool actividad anticonvulsiva, mientras que Woo y col. (2019) menciona al δ -3-careno como un compuesto utilizado en perfumería y cosmética, además de presentar actividad antifúngica, antiinflamatoria y sedante.

Noriega-Rivera, Guerrini y Ankuash-Tsamaraint (2014) reportan como compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Siparuna schimpffii* al germacreno D (35,34%), bicilogermacreno (8,73%), γ -muuruleno (7,04%), germacreno B (6,34%) y cadina-1(2), 4-dieno trans (5,16%), de los cuales solo el bicilogermacreno (5,8%) se determinó como uno de los mayoritarios en el aceite esencial analizado de *S. schimpffii*, juntamente con espatulenol (12,10%), 2-undecanona (10,87%) y (E)-isocroweacina (6,41%). No obstante, se puede observar que en ambos aceites esenciales la composición mayoritaria corresponde a los hidrocarburos sesquiterpenos. Conforme a lo descrito por Durán y col. (2007), Ruiz, Díaz y Rojas (2015) y Silva y col. (2021), las diferencias en la composición de los acei-

tes esenciales pueden deberse a diversos factores bióticos y abióticos como la presencia o ausencia de plagas, lugar de recolección, tipo de suelo, cantidad de humedad y luz, así como las condiciones climáticas en las que se desarrollan las especies. El espatulenol presenta acción antimicobacteriana moderada (Do Nascimento y col., 2018). Silva y col. (2007) menciona actividad antimicrobiana para el bicilogermacreno y actividad fungitóxica para el germacreno B; Xu y col. (2017) detalla algunas funciones del bicilogermacreno, entre estas su actividad antioxidante, fungistática, citotóxica, alelopática e inhibidor de la enzima acetilcolinesterasa. Noriega-Rivera, Guerrini y Ankuash-Tsamaraint (2014) expresan también que *S. schimpffii* es empleada por las comunidades Shuar del Ecuador como un analgésico.

4 Conclusiones

Se logró determinar la composición química de los aceites esenciales de las especies amazónicas *C. pycnantha*, *M. aliena*, *P. macrotrichum* y *S. schimpffii*. Se evidenció mayor concentración de monoterpenos en los AE de *M. aliena* y *P. macrotrichum* y mayor contenido en sesquiterpenos en los AE de *C. pycnantha* y *S. schimpffii*. Además, se identificaron los compuestos mayoritarios de cada aceite esencial y se describieron bibliográficamente algunas de sus funciones, redireccionando futuros estudios y aplicaciones que los pobladores de Antuash puedan dar a estas especies.

Agradecimientos

Agradecemos a los ministerios de Agricultura (MAG), de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), y al programa PROAmazonía, que juntamente con la Universidad Técnica Particular de Loja posibilitaron el acceso a las muestras de las especies amazónicas seleccionadas para el presente estudio, con el único fin de aportar información valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones que se les pueda brindar a los aceites esenciales de dichas especies.

Referencias

- Adams, R. (2017). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Texensis Publishing.
- Aguirre-Mendoza, Z., N. Aguirre-Mendoza y J. Muñoz (2017). «Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador». En: *Arnaldoa* 24.2, 523-542. Online:https://n9.cl/6fhn5.
- Camus, J. y M. Trujillo (2011). «Contribucion a la quimica de los aceites esenciales provenientes del oregano». En: *Revista Boliviana de Química* 28.1, 1-5. Online:https://n9.cl/ay9ke.
- De Cerqueira, M. y col. (2007). «Seasonal variation and antimicrobial activity of Myrcia myrtifolia essential oils». En: *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18, 998-1003. Online:https://n9.cl/rnkxv.
- Do Nascimento, K. y col. (2018). «Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of Psidium guineense Sw. and spathulenol». En: *Journal of ethnopharmacology* 210, 351-358. Online:https://n9.cl/rju7y.
- Durán, D. y col. (2007). «Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de Lippia alba provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite». En: *Scientia et Technica* 13.33, 435-438. Online:https://n9.cl/eawn4.
- Ferreira-Silva, I., R. Oliveira y F. Oliveira (2021). «Siparuna Aublet genus (Siparunaceae): from folk medicine to chemical composition and biological activity». En: *Trends in Phytochemical Research* 5.4, 168-189. Online:https://n9.cl/1ycn2.
- Jaramillo-Colorado, B., N. Pino-Benitez y A. González-Coloma (2019). «Volatile composition and biocidal (antifeedant and phytotoxic) activity of the essential oils of four Piperaceae species from Chocó-Colombia». En: *Industrial Crops and Products* 138, 111463. Online:https://n9.cl/k4jfs.
- León-Méndez, G., M. Osorio-Fortich y S. Martínez-Useche (2015). «Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis* L.». En: *Revista Cubana de Farmacia* 49.4, 742-750. Online:https://n9.cl/gw4c1.
- Missouri Botanical Garden (2022). *Tropicos*.
- Montalván, M. y col. (2019). «Chemical composition, enantiomeric distribution, and sensory evaluation of the essential oils distilled from the Ecuadorian species *Myrcianthes myrsinoides* (Kunth) Grifo and *Myrcia mollis* (Kunth) dc.(Myrtaceae)». En: *Plants* 8.11, 511. Online:https://n9.cl/gi23y.
- Montanari, R. y col. (2011). «Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from Verbenaceae species: Alternative sources of (E)-caryophyllene and germacrene-D». En: *Química Nova* 34.9, 1550-1555. Online:https://n9.cl/hmpe3.
- Moraes Â. Pereira-Franco, C. Barbosa de y col. (2022). «Myrcia paivae O. Berg (Myrtaceae) Essential oil, first study of the chemical composition and antioxidant potential». En: *Molecules* 27.17, 5460. Online:https://n9.cl/b8sece.
- Navickiene, H. y col. (2006). «Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*». En: *Química Nova* 29, 467-470. Online:https://n9.cl/97key.
- Noriega-Rivera, P. (2009). «Extracción, química, actividad biológica, control de calidad y potencial económico de los aceites esenciales». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 10.2, 3-15. Online:https://n9.cl/h87yx.
- Noriega-Rivera, P., A. Guerrini y E. Ankuash-Tsamara (2014). «Composición química del aceite esencial de hojas de *Siparuna schimpffii* Diels (limoncillo)». En: *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 19.2, 128-137. Online:https://n9.cl/ehm63.
- Ochoa-Pumaylle, K. y col. (2012). «Extraction, characterization and evaluation of antibacterial activity of essential oil of *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya)». En: *Scientia agropecuaria* 3.4, 291-302. Online:https://n9.cl/v11bg.
- Ruiz, C., C. Díaz y R. Rojas (2015). «Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas». En: *Revista de la Sociedad Química del Perú* 81.2, 81-94. Online:https://n9.cl/n5wj4.
- Sá, R. Da Silveira e, L. Andrade y D. De Sousa (2015). «Sesquiterpenes from essential oils and anti-inflammatory activity». En: *Natural product communications* 10.10, 1767-1774. Online:https://n9.cl/at83u.
- Shan, J., L. Chen y K. Lu (2016). «Protective effects of trans-caryophyllene on maintaining osteoblast function». En: *IUBMB life* 69.1, 22-29. Online:https://n9.cl/469kt.
- Silva, L. da y col. (2007). «Biciclogermacreno, resveratrol e atividade antifúngica em extratos de folhas de *Cistus verticillata* (L.) Nicolson & Jarvis (Vitaceae)». En: *Revista Brasileira de Farmacognosia* 17, 361-367. Online:https://n9.cl/v46dx.
- Silva, R. y col. (2021). «Monoterpenes and sesquiterpenes of essential oils from *Psidium* species and their biological properties». En: *Molecules* 26.4, 965. Online:https://n9.cl/q0tk3.
- Talebi-Kouyakh, E., M. Naghavi y M. Alayhs (2008). «Study of the essential oil variation of *Ferula gummosa* samples from Iran». En: *Chemistry of Natural Compounds* 44, 124-126. Online:https://n9.cl/zbkfo.
- Thoss, V., J. OâReilly-Wapstra y G. Iason (2007). «Assessment and implications of intraspecific and phenological variability in monoterpenes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) foliage». En: *Journal of Chemical Ecology* 33, 477-491. Online:https://n9.cl/wspe8.
- Tissot, E. y col. (2012). «Rapid GC-FID quantification technique without authentic samples using predicted res-

- ponse factors». En: *Flavour and fragrance journal* 27.4, 290-296. Online:<https://n9.cl/i0xyru>.
- Torre, L.a De la y col. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Tran, D. y N. Cramer (2014). «Biomimetic Synthesis of (+)-Ledene,(+)-Viridiflorol,(-)-Palustrol,(+)-Spathulenol, and Psiguadial A, C, and D via the Platform Terpene (+)-Bicyclogermacrene». En: *Chemistry-A European Journal* 20.34, 10654-10660. Online:<https://n9.cl/zru25n>.
- Van Den Dool, H. y P. Dec Kratz (1963). «A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography». En: *Journal of chromatography* 11, 463-471. Online:<https://n9.cl/ohxwg>.
- Woo, J. y col. (2019). «3-Carene, a phytoncide from pine tree has a sleep-enhancing effect by targeting the GABAA-benzodiazepine receptors». En: *Experimental neurobiology* 28.5, 593-601. Online:<https://n9.cl/ijwxu>.
- Xu, Y. y col. (2017). «Citrus CmTPS1 is associated with formation of sesquiterpene bicyclogermacrene». En: *Scientia Horticulturae* 226, 133-140. Online:<https://n9.cl/art13>.
- Zielińska-Blajet, M. y J. Feder-Kubis (2020). «Monoterpenes and their derivatives—Recent development in biological and medical applications». En: *International Journal of Molecular Sciences* 21.19, 7078. Online:<https://n9.cl/pr456k>.