



Luz Yineth Ortiz-Rojas^{1*}, Giovanni Chaves-Bedoya^{1*}

¹Laboratorio de Investigación PLANTAE. Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Norte de Santander

*Autor para correspondencia: luzyinethortiz@ufps.edu.co; gchavesb@ufps.edu.co

Recibido: 8 de Enero de 2017. Aceptado: 29 de Marzo de 2017.

Composición fitoquímica del extracto de raíz de *Ichthyothere terminalis* de dos regiones geográficas de Colombia

Resumen

Se reporta el análisis fitoquímico de dos extractos de raíz de *Ichthyothere terminalis*, colectadas en las localidades de Cumaral (Meta) y Abrego (Norte de Santander), Colombia. Los extractos se obtuvieron en etanol por destilación a presión reducida y fueron caracterizados por pruebas cualitativas, así como por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). El análisis GC-MS reveló diferencias en los compuestos en *Ichthyothere terminalis* de acuerdo al lugar de procedencia. Las plantas procedentes de Cumaral contienen saponinas, cumarinas y taninos, mientras que las procedentes de Abrego contienen alcaloides taninos, cumarinas y flavonoides. El extracto etanólico de Abrego presenta principalmente octadecandien-1-ol (53,5%), óxido de cariofileno (30,8%), hexadecanol (24,0%), *trans*- β -cariofileno (13,6%), cicloisolongifoleno (11,6%), germancreno D (6,0%) y 9-octadecen-1-ol (8,0%). Las plantas de Cumaral presentan principalmente citronelal (46,4%), *p*-cimeno (6,4%), geraniol (5,0%) y citronelol (4,6%). Entre los compuestos químicos encontrados, varios poseen propiedades repelentes de acuerdo a los reportes etnobotánicos de la región Amazónica. Estudios adicionales podrán determinar la efectividad como repelente de los extractos de raíz de *I. terminalis*.

Palabras clave: *Asteraceae*, fitoquímica, *Ichthyothere terminalis*, metabolitos secundarios.

Phytochemical composition of the root extract of *Ichthyothere terminalis* from two geographical regions in Colombia

Abstract

The phytochemical analysis of two extracts from *Ichthyothere terminalis* root which were collected in the localities of Cumaral (Meta) and Abrego (Norte de Santander), Colombia is reported. Extracts were obtained with ethanol using distillation under reduced pressure and were characterized by qualitative assays and by gas chromatography coupled to a mass spectrometer (GC-MS). GC-MS analysis revealed differences in *Ichthyothere terminalis* compounds according to locality. Plants from Cumaral contain saponins, coumarins, and tannins, while those from Abrego contain tannins, alkaloids, coumarins, and flavonoids. Plants from Abrego contain octadecandien-1-ol (53.5%), caryophyllene oxide (30.8%), hexadecanol (24.0%), *trans*- β -caryophyllene (13.6%), cycloisolongifolene (11.6%), germacrene D (6.0%), and 9-octadecen-1-ol (8.0%). Plants from Cumaral have citronellal (46.4%), *p*-cymene (6.4%), geraniol (5.0%), and citronellol (4.6%). Among the chemical compounds found, several have repellent properties, according to ethnobotanics reports from Amazonian Region. Further studies may determine the effectiveness as repellent of extracts from *I. Terminalis* root.

Keywords: *Asteraceae*, phytochemistry, *Ichthyothere terminalis*, secondary metabolites.

Composição fitoquímica do extracto de raiz de *Ichthyothere terminalis* de duas regiões geográficas da Colômbia

Resumo

Foi reportada a análise fitoquímica de dois extratos da raiz de *Ichthyothere terminalis*, coletadas nas localidades de Cumaral (departamento do Meta) e Abrego (Departamento de Norte de Santander) em Colômbia. Os extratos foram obtidos em etanol por destilação a pressão reduzida, assim como por cromatografia de gases acoplada a espectrometria de massas (GC-MS). A análise GC-MS revelou diferenças nos compostos em *Ichthyothere terminalis* de acordo a seu lugar de procedência. As plantas procedentes de Cumaral contêm saponinas, cumarinas e taninos por enquanto as procedentes de Abrego contêm alcaloides taninos, cumarinas e flavonoides. O extrato etanólico de Abrego apresenta maioritariamente octadecandien-1-ol (53,5%), oxido de cariofileno (30,8%), hexadecanol (24,0%), *trans*- β -cariofileno (13,6%), cicloisolongifoleno (11,6%), germancreno D (6,0%) e octadecen-1-ol (8,0%). As plantas de Cumaral apresentam maioritariamente citronelal (46,4%), *p*-cimeno (6,4%), geraniol (5,0%) e citronelol (4,6%). Entre os compostos químicos encontrados destacam-se vários que possuem propriedades repelentes. Estudos adicionais poderão determinar a efetividade como repelente dos extractos de raiz de *I. terminalis*.

Palavras-Chave: *Asteraceae*, fitoquímica, *Ichthyothere terminalis*, metabolitos secundários.

Introducción

Las plantas poseen metabolitos secundarios que pueden localizarse principalmente en hojas, tallos, flores y raíces dependiendo de la especie. Estos metabolitos secundarios desempeñan un papel importante como disuasorio en las interacciones planta-insecto (1). Algunas plantas poseen compuestos que producen síntomas específicos sobre los insectos, actuando como neurotóxicos, por ejemplo los monoterpenos, compuestos altamente selectivos que actúan sobre los receptores de la octapamina presente en los insectos (2).

Junto al conocimiento etnobotánico, el estudio de la composición química de las plantas puede identificar el aprovechamiento potencial en el campo de la medicina o a nivel agronómico. Por tal razón, es importante dirigir la atención al estudio fitoquímico de plantas endémicas o nativas, con el fin de identificarlas taxonómica y químicamente. Ahora bien, *Ichthyothere* es un género de plantas con flores, ubicadas en algunas partes de Sur América y América Central (3). El constituyente activo de esta planta es una sustancia llamada ictiotereol, compuesto tóxico para peces y mamíferos (4). Por tanto, las hojas de *Ichthyothere terminalis* se emplean tradicionalmente por los indígenas de la cuenca baja del Amazonas para envenenar murciélagos y por pescadores como repelente de insectos (4, 5).

La especie *Ichthyothere terminalis* (Spreng) S.F. Blake (flor blanca), pertenece a la familia *Asteraceae*. En Colombia se encuentran colecciones de *Ichthyothere terminalis* en el Herbario de la Universidad de los Llanos (Cumaral, Meta) y en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

Por su parte, la composición química puede variar aún dentro de una especie botánica y estas variaciones pueden deberse a la presencia de diferentes quimiotipos, de acuerdo a la adaptación de la planta al ambiente circundante, así como al estado de desarrollo. La composición química de una planta proporciona sus propiedades intrínsecas y valor económico (6). Así, el objetivo de este trabajo fue realizar el estudio fitoquímico y los perfiles cromatográficos por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) de distintas muestras de raíz de *Ichthyothere terminalis* procedentes de las regiones del Meta y Norte de Santander, Colombia.

Materiales y métodos

Materia vegetal

Se comparó la composición química de las raíces de cuatro plantas de *Ichthyothere terminalis*, dos colectadas en la localidad de Abrego, departamento de Norte de Santander en la región Andina, y dos colectadas en la Orinoquía en la localidad de Cumaral, departamento del Meta. La identificación taxonómica fue realizada por personal del herbario de la Universidad de los Llanos (Meta) COL000078872 y el Herbario del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (Localidad Abrego, Norte de Santander COL000078854). Las raíces de *Ichthyothere terminalis* de las dos localidades fueron secadas y molidas y colocadas por separado en etanol al 96%.

Análisis de suelos

Con el propósito de determinar las características del suelo en los lugares de colecta, se tomaron y analizaron muestras de suelo de las localidades de Abrego y Cumaral. Las muestras se enviaron a analizar en el laboratorio Terrallanos, en la ciudad de Villavicencio-Colombia.

Extracción y tamizaje fitoquímico

Para la obtención del extracto de raíz, se utilizaron 250 g de material vegetal fresco; el metabolismo se detuvo con nitrógeno líquido. Las muestras se trataron con etanol al 96% a temperatura ambiente en agitación por 48 h. El extracto etanólico resultante se concentró, eliminando el solvente por destilación a presión reducida en un rota evaporador IKA® RV 10 CONTROL. Para el análisis fitoquímico se diseñó un protocolo modificado basado en las metodologías y pruebas cualitativas propuestas previamente por varios autores (7-10). Las modificaciones a los diferentes protocolos se implementaron para diferentes propósitos como: quitar pigmentos de fondo que puedan enmascarar la presencia de metabolitos en pruebas específicas.

Análisis de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS)

La extracción-concentración simultánea de los compuestos de la fase de vapor de las muestras se llevó a cabo usando la técnica de microextracción en fase sólida (SPME), con monitoreo en fase de vapor (*head space*) empleando una fibra de sílice fundida recubierta con polidimetilsiloxano-divinilbenceno de 65 µm de espesor (PDMS-DVB-65 µm, Sigma). El análisis cromatográfico se realizó en un cromatógrafo de gases 6890 Series Plus (Agilent Technologies, USA), acoplado a un detector selectivo de masas (Agilent Technologies MSD 5973, USA).

La columna empleada en el análisis fue DB-5MS [5%-fenil-poli (metilsilano), 60 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Agilent]; la inyección se realizó con el dispositivo de SPME. La identificación de los metabolitos secundarios se estableció con base en sus espectros de masas (EI, 70 eV), usando las bases de datos de Adams, Wiley 138 y NIST05 (11-13) en el Laboratorio CENIVAM de la Universidad Industrial de Santander.

Resultados y discusión

En este manuscrito se reporta el estudio de la composición química de las fracciones volátiles y características fitoquímicas de la raíz de *I. terminalis*. A pesar de los reportes empíricos de su posible acción repelente, la composición química en plantas del género *Ichthyothere* es escasa (14-15).

Análisis de suelos

Los resultados del análisis de suelos de las dos localidades muestreadas presentaron características diferentes con respecto a su composición y textura. Abrego presenta un suelo con un pH 4,9 y una textura arcillolimoso (ArL) con concentraciones altas de Al (1,20 meq/100 g), Mn (27,50 ppm) y un porcentaje alto de Mg (26,36%).

Por otro lado, el suelo de la localidad de Cumaral se caracteriza por concentraciones altas de Ca (14,0 meq/100 g), Fe (276,87 ppm), Mn (213,12 ppm), Zn (15,30 ppm), B (0,87 ppm) y un porcentaje alto de saturación de Ca (68,29%) con un pH de 5,1. Los resultados completos del análisis se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos de las localidades de Abrego (Norte de Santander) y Cumaral (Meta) donde se tomaron muestra de las plantas de *Ichthyothere terminalis*

Características del suelo	Abrego (Norte de Santander)	Cumaral (Meta)
pH	4,9	5,1
Materia Orgánica %	1,0	18,90
P (ppm)	2,7	23,7
Al (meq/100g suelo)	1,2	0,08
Ca (meq/100g suelo)	1,80	14,00
Mg (meq/100g suelo)	2,90	1,7
K (meq/100g suelo)	0,21	0,28
Cu (ppm)	0,95	2,7
Fe (ppm)	43,75	276,87
Mn (ppm)	27,50	213,87
Zn (ppm)	1,35	15,30
Porcentaje de Saturación de Ca	16,36	68,29
CIC	11,0	20,5
Textura	ArL	F

A partir de la Tabla 1 se observa que el suelo de Cumaral es más rico tanto en materia orgánica como en elementos minerales, lo que puede determinar variaciones en la presencia y cantidad de metabolitos secundarios en las raíces de *Ichthyothere terminalis*. La concentración de estos minerales presentes en el suelo desempeñan una función vital en el metabolismo secundario vegetal y la producción de moléculas bioactivas de relevancia como alcaloides, flavonoides, compuestos fenólicos, aceites volátiles, taninos, resinas, glucósidos, etc. (16). La acumulación y biosíntesis de estas moléculas bioactivas en los sistemas vegetales dependen ampliamente de la disponibilidad de elementos minerales en el suelo (17). Las principales diferencias en la composición química de los extractos de raíz, pudieron evidenciarse con el análisis GC-MS.

Análisis fitoquímico

La detección de los metabolitos secundarios se realizó según los ensayos cualitativos individuales para cada grupo químico (Tabla 2). En ambas muestras se identificó la presencia de alcaloides, saponinas, taninos, flavonoides, triterpenoides y diterpenos, mientras que las cumarinas se presentan solamente en el extracto de raíz de *I. terminalis* de la localidad de Abrego.

Tabla 2. Resultados del análisis fisicoquímico de extractos de raíz de *Ichthyothere terminalis* de Abrego y Cumaral

Metabolitos	Ensayos	Abrego (Norte de Santander)	Cumaral (Meta)
Alcaloides	Dragendorff	+	+
	Mayer		
Saponinas	Espuma	+	+
	Rosenthaler		
	Agar sangre		
Taninos	Gelatina-sal/Cloruro férrico	+	+
Glucósidos cianogénicos	Reacción de Guignard	-	-
Flavonoides	Shinoda	+	+
Cumarinas	NaOH	+	-
	Hidroxamato férrico	+	-
Glucósidos cardiotónicos	Reacción de Legal	-	-
Esteroides y triterpenoides	Liebermann-Burchard	+	+
Diterpenos y triterpenos	Molibdato de amonio	+	+
Quinonas	Bornträger-Kraus	-	-

(+) Presencia (-) Ausencia

Análisis GC-MS

El análisis GC-MS de los extractos de las raíces de *I. terminalis* de las dos localidades indica que existen diferencias tanto en la identidad de los compuestos como en las cantidades relativas > 1% que correspondieron del 84% al 95% de la composición del total de los extractos. En el caso del extracto de raíz de la localidad de Cumaral, los metabolitos secundarios volátiles más abundantes que se encontraron fueron citrionelal (46,4%), γ -terpineno (6,6%), *p*-cimeno (6,4%), geraniol (5,0%), citrionelol (4,6%), α -pineno (2,5%), linalool (2,2%), isopulegol (1,7%), acetato de citrionelilo y dimetilbenceno (1,5%), geranial (1,3%), β -elemeno y β -maalieno (1,2%), y limoneno (1,1%) (Tabla 3).

Tabla 3. Componentes mayoritarios identificados por GC-MS en extractos etanólicos de raíz de *Ichthyothere terminalis* Cumaral, Meta

Orden elución	T _R (min)	Compuesto	Cantidad Relativa %
1	13,94	Etilbenceno	0,3
2	14,34	Dimetilbenceno	1,5
3	14,40	Dimetilbenceno (isómero)	0,7
4	15,37	Dimetilbenceno (isómero)	0,2
5	16,87	α -Tujeno	0,2
6	17,24	α -Pino	2,5
7	18,99	Sabieno	0,4
8	19,16	β -Pino	0,2
9	19,40	6-Metil-5-hepten-2-ona	0,3
10	19,62	β -Miceno	0,3
11	21,24	<i>p</i> -Cimeno	6,4
12	21,54	Limoneno	1,1
13	21,61	1,8-Cineol	0,9
14	22,65	γ -Terpineno	6,6
16	24,28	Linalool	2,2
17	24,48	Nonanal	0,2
18	25,26	<i>endo</i> -Fenhol	0,4
19	26,38	Citronelal	46,4
20	26,83	Isopulegol	1,7
21	27,66	Terpinen-4-ol	0,6
22	28,29	NI, Compuesto oxigenado M ⁺ 152	0,5
23	28,71	Verbenona	0,3
24	29,14	Citronelol	4,6
25	29,66	Neral	1,6
26	30,02	Geraniol	5,0
27	30,71	Geranial	1,3
28	31,51	Timol	0,5
29	33,66	Acetato de citronelilo	1,5
30	34,32	NI, Compuesto M ⁺ 174	2,0
31	34,77	Acetato de geranilo	1,3
32	35,09	α -Copaeno	0,2
33	35,44	β -Bourboneno	0,2
34	35,52	β -Elemeno	1,2
35	36,25	β -Maaleno	1,2
36	36,78	<i>trans</i> - β -Cariofileno	0,7
37	38,82	Germacreno D	0,9
38	39,12	β -Selineno	0,4
39	39,26	α -Muuroleno	0,4
40	39,86	-Cadineno + -Amorfeno	0,8
41	40,95	NI, Compuesto M ⁺ 234	1,0
42	42,73	NI, Compuesto M ⁺ 262	0,3
43	51,47	NI, Compuesto M ⁺ 258	0,3
44	52,25	NI, Compuesto M ⁺ 258	0,4

NI: Compuesto no identificado

En el extracto con la fracción volátil de raíz de la localidad de Abrego se encontraron octadecandien-1-ol (53,4%), hexadecanol (24,0%), octadecen-1-ol (8,0%), octadecanol (3,6%), ácido hexadecanoico (1,8%) y acetato de octadecadienilo (1,7%) (Tabla 4).

Tabla 4. Componentes mayoritarios identificados por GC-MS en extractos etanólicos de raíz de *Ichthyothere terminalis* Abrego, Norte de Santander

Orden elución	T _R (min)	Compuesto	Cantidad Relativa%
1	41,78	Espatulenol	0,5
2	41,99	Óxido cariofileno	0,1
3	43,10	Isoespatulenol	0,3
4	43,95	α -Eudesmol	0,3
5	48,98	Hexadecanol	24,0
6	50,64	Ácido hexadecanoico	1,8
7	51,50	Acetato de hexadecilo	0,8
8	52,58	Octadecandien-1-ol	53,5
9	52,66	Octadecen-1-ol	8,0
10	53,07	Octadecanol	3,6
11	54,85	Acetato de octadecadienilo	1,7
12	55,33	NI, compuesto oxigenado M ⁺ 198	3,2
13	55,81	NI, compuesto oxigenado M ⁺ 242	1,0
14	59,78	Diisooctil adipato	0,5
16	62,43	Diisooctil ftalato	0,4

NI: Compuesto no identificado

En comparación con reportes previos (15), estos resultados presentaron diferencias con respecto a la presencia y cantidad relativa de compuestos identificados. En hojas y tallo de *I. terminalis* de muestras de Manaos (Brasil), se reportó un contenido de α -pino de 19,8% y 13,9%, lo que equivale a ocho y cinco veces el valor de las muestras de Cumaral, Colombia. Estos mismos compuestos no se encontraron en las muestras de la localidad de Abrego. Se encontraron otros compuestos con cantidades relativas significativas, como Sabineno (14,8% en hoja) y limoneno (35,8% en hoja y 20% en tallo), en cantidades aproximadamente de 30 y 18 veces más de lo encontrado en este estudio (Tabla 5). En estudios posteriores en hojas de la especie *I. terminalis*, colectadas en la localidad de Água Limpa (Brasil), se identificaron sesquiterpenolactonas (14).

En las plantas de *I. terminalis* estudiadas también se encontraron diferencias con respecto a su composición química. En las muestras de raíz de Abrego se encontró que los compuestos con mayor cantidad relativa fueron octadecandien-1-ol (53,5%), hexadecanol (24,0%), octadecen-1-ol (8,0%) y octadecanol (3,6%). En los extractos de raíz de *I. terminalis* de Cumaral los compuestos más representativos fueron citronelal (46,4%), γ -terpineno (6,6%), *p*-cimeno (6,4%), geraniol (5,0%), citronelol (4,6%), α -pino (2,5%) y linalool (2,2%).

Tabla 5. Comparación de los componentes mayoritarios identificados por GC-MS en extractos etanólicos de hoja y tallos de plantas de *I. terminalis* (flor blanca) colectadas en Manaos, Brasil (25) con los extractos etanólicos de raíz Meta y Norte de Santander (Colombia)

Compuesto	Cantidad relativa %				
	Hoja (Brasil)		Tallo (Brasil)	Raíz (Colombia)	
	Manaos		Manaos	Cumaral	Abrego
Sabineno	14,8			0,4	--
β -Pino		5,2			
α -Pino	19,8	8,5	13,9	2,5	--
Limoneno	35,8		20	1,1	--

La composición química de la raíz de *I. terminalis* de Cumaral resulta de gran interés debido a los compuestos encontrados que tienen efecto contra insectos vectores. Por ejemplo, se ha demostrado en ensayos in vitro y en campo, que los compuestos aromáticos como la citronela y citronelal tienen alta eficiencia como repelente contra mosquitos transmisores (18-21). Así mismo, el citronelol, un monoterpenoide acíclico natural, es empleado como perfume y también como repelente de insectos (22). Finalmente, se ha reportado que el geraniol también es un efectivo repelente de mosquitos (23).

Por otro lado, los compuestos identificados en la raíz de *I. terminalis* de Abrego que constituyen la mayor parte del extracto, son terpenos de ocho carbonos oxigenados: octadecandien-1-ol (53,5%), octadecen-1-ol (8,0%) y octadecanol (3,6%), los cuales han demostrado tener actividad antibacteriana (24). Igualmente, se ha evidenciado una actividad antioxidante del segundo compuesto principal, el hexadecanol (24,0%) (25).

Las diferencias en la composición química y cantidades relativas entre *I. terminalis* procedentes de países y localidades diferentes confirman que la composición química puede variar incluso dentro de una especie botánica. Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento de compuestos en plantas poco estudiadas en Colombia, los cuales podrían ser aislados como fuentes de componentes potencialmente bioactivos y como marcadores quimiotaxonómicos.

Conclusiones

En este trabajo se reporta por primera vez el análisis fitoquímico y composición química de los extractos de raíz de *I. terminalis* de la región nordeste de Colombia, los cuales difieren con respecto a otras especies pertenecientes al género *Ichthyothere* reportadas y aún entre la misma especie de acuerdo a la localidad de procedencia. Las diferencias en la presencia de compuestos en las raíces *I. terminalis* de dos localidades de Colombia sugieren que las condiciones geobotánicas del medio como las características fisicoquímicas del suelo desempeñen un papel diferencial en la composición. La presencia de citronela, citronelol y geraniol, entre otros compuestos químicos con bioactividad, demuestran que *I. terminalis* es una planta con uso potencial como repelente. Estudios adicionales podrán determinar la efectividad como repelente de los extractos de raíz de *I. terminalis*.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Fondo de Investigaciones Universitarias (FINU) de la Universidad Francisco de Paula Santander por la financiación del proyecto FINU 019-2013, para desarrollar esta investigación. Los autores agradecen el apoyo técnico de Erickson Yesid Cardona y Deisy Alejandra Cruz Laguado.

Referencias

1. Isman, M. B. Biopesticides based on phytochemicals. In *Phytochemical biopesticides*, Koul, O.; Dhaliwal, G. S., Eds. Harwood Academic Publishers: Amsterdam, 2001; pp 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9780203304686.ch1>.
2. Tripathi, A.; Upadhyay, S.; Bhuiyan, M.; Bhattacharya, P. R. Review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *J. Pharmacogn. Phytother.* **2009**, *1* (15), 52-63.
3. Robinson, H. Studies in the Heliantheae (Asteraceae). XXVI. New species of *Ichthyothere*. *Phytologia*. **1980**, *47*, 128-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.5962/bh1.part.17142>.
4. Cascon, S. C.; Mors, W. B.; Tursch, B. M.; Aplin, R. T.; Durham, L. J. *Ichthyothereol* and its acetate, the active polyacetylene constituents of *Ichthyothere terminalis*/Spreng.) malme, a fish poison from the lower Amazon. *J. Am. Chem. Soc.* **1965**, *87* (22), 5237-5241. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ja00950a044>.
5. Maia, J. G. Plantas aromáticas da região Amazônica. En *Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabores*; Bandoni, A. Ed.; Edufes: Vitória, Brasil, 2008.
6. Chamorro, E. R.; Zambón, S. N.; Morales, W. G.; Sequeira, A. F.; Velasco, G. A. Study of the Chemical Composition of Essential Oils by Gas Chromatography. In *Gas Chromatography in Plant Science, Wine Technology, Toxicology and Some Specific Applications*, Salih, B.; Celikbicak, O. Eds.; Intech: New York, 2012.
7. Bilbao M. *Análisis fitoquímico preliminar*. Universidad del Quindío. Editorial Norma, Armenia 1997.
8. Lock, O. Investigación Fitoquímica: métodos en el estudio de productos naturales. PUCP., Fondo Editorial: Lima, Perú, 1988.
9. Sanabria, A. *Análisis fitoquímico preliminar: metodología y su aplicación en la evaluación de 40 plantas de la familia compositae*. Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Departamento de Farmacia: Bogotá, Colombia, 1983.
10. Merck, E. *Reactivos de coloración para cromatografía en capa fina y en papel*. Darmstadt. R. F: Alemania, 2000.
11. Adams, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy, Allured Publishing Corporation: Carol Stream, Illinois, USA, 2007.
12. Joulain, D.; König, W. A. The atlas of spectral data of sesquiterpenes hydrocarbons. E.B.-Verlag: Hamburgo, Alemania, 1998.
13. Linstrom, P. J.; Mallard, W. G. NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69. <http://webbook.nist.gov/>. [consultado 6 de Enero, 2017].
14. Stefani, R.; Batista Da Costa, F. Melampolidides from *Ichthyothere terminalis* (Asteraceae, Heliantheae). *Biochem. Syst. Ecol.* **2006**, *34* (10), 757-759. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2006.05.009>.

15. Luz, A. I.; Zoghbi, M.; Maia, J. G., Volatile Constituents of *Ichthyothere terminalis* and *I. cunabi*. *J. Essent. Oil Resear.* **1997**, *9* (2), 223-225. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.1997.9699465>.
16. Arámbula-Salazar, J. A.; Ibarra-Salinas, B. I.; González-Laredo, R. F.; Muñoz-Galindo, O. D.; Hernández-Vela, H. Variación estacional de compuestos fenólicos foliares en *Quercus sideroxyla* en diferentes tipos de suelo. *Madera y Bosques*, **2010**, *16* (3), 49-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2010.1631166>.
17. Mishra, B. K.; Rastogi, A.; Shukla, S. Regulatory Role of Mineral Elements in the Metabolism of Medicinal Plants. In *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology* Vol. 6 (Special Issue 1: Mineral Nutrition of Medicinal and Aromatic Plants.), Naem, M.; Khan, M. N. A., Eds. Global Science Books: India, 2012; pp 1-23.
18. Jeong-Kyu, K.; Chang-Soo, K.; Jong-Kwon, L.; Young-Ran, K.; Hye-Yun, H.; Hwa-Kyung, Y. Evaluation of Repellency Effect of Two Natural Aroma Mosquito Repellent Compounds, Citronella and Citronellal. *Entomol. Resear.* **2005**, *35* (2), 117-120. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5967.2005.tb00146.x>.
19. Zamora, D.; Klotz, S. A.; Meister, E. A.; Schmidt, J. O. Repellency of the Components of the Essential Oil, Citronella, to *Triatoma rubida*, *Triatoma protracta*, and *Triatoma recurva* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *J. Med. Entomol.* **2015**, *52* (4), 719-721. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jme/tjv039>.
20. Yadav, N. P.; Rai, V. K.; Mishra, N.; Sinha, P.; Bawankule, D. U.; Pal, A. *et al.* A novel approach for development and characterization of effective mosquito repellent cream formulation containing citronella oil. *Biomed. Res. Int.* **2014**, *2014*. DOI: <http://dx.doi.org/786084.10.1155/2014/786084>.
21. Muller, G. C.; Junnila, A.; Butler, J.; Kravchenko, V. D.; Revay, E. E.; Weiss, R. W.; Schlein, Y., Efficacy of the botanical repellents geraniol, linalool, and citronella against mosquitoes. *J Vector Ecol.* **2009**, *34* (1), 2-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1948-7134.2009.00002.x>.
22. Taylor, W. G.; Schreck, C. E. Chiral-phase capillary gas chromatography and mosquito repellent activity of some oxazolidine derivatives of (+)- and (-)-citronellol. *J. Phram. Sci.* **1985**, *74* (5), 534-539. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jps.2600740508>.
23. Barnard, D. R.; Xue, R. D. Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochierotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* **2004**, *41* (4), 726-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585-41.4.726>.
24. Okwu, D. E.; Ighodaro, B. U. GC-MS evaluation of the bioactive compounds and antibacterial activity of the oil fraction from the stem barks of *Dacryodes edulis*. *Don Lam. Int. l. Drug Dev & Res.* **2009**, *1* (1), 117-125.
25. Sethi, A.; Prakash, R.; Shukla, D.; Bhatia, A.; Pratap, R., Identification of phytochemical constituents from biologically active pet ether and chloroform extracts of the flowers of *Allamanda violacea* A.DC (Apocynaceae). *Asian J. Plant Sci. Res.* **2013**, *3* (4), 95-108.

Article citation:

Ortiz-Rojas, L. Y.; Chaves-Bedoya, G. Composición fitoquímica del extracto de raíz de *Ichthyothere terminalis* de dos regiones geográficas de Colombia. *Rev. Colomb. Quim.* **2017**, *46* (3), 11-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n3.61865>.