

EXTRACCIÓN, SEPARACIÓN Y ELUCIDACIÓN ESTRUCTURAL DE DOS METABOLITOS SECUNDARIOS DEL ALGA MARINA *Bostrychia calliptera*.

RESUMEN

Este trabajo aborda el estudio de los metabolitos presentes en el alga marina *Bostrychia calliptera* proveniente de la Bahía de Buenaventura. Un nuevo monoterpeno irregular y un derivado del ácido *p*-coumárico fueron aislados de la fracción de cloruro de metileno. Las estructuras elucidadas corresponden a 10-hidroxi-(6*Z*,8*E*,12*Z*)-trienohexadecanoato de metilo (**1**) y (*E*)-metil-3-(4-hidroxifenil) acrilato (**2**) empleando Resonancia Magnética Nuclear (RMN) mono y bidimensional.

PALABRAS CLAVES: algas marinas, *Bostrychia calliptera*, metabolitos secundarios, fracción de cloruro de metileno, estructura química, Resonancia Magnética Nuclear (RMN).

ABSTRACT

In this work has been studied the metabolites found in the marine alga Bostrychia calliptera to come from the Buenaventura bay. One new irregular monoterpene and a derivate from p-coumaric acid have been isolated from fraction of methylene chloride. The structures elucidated correspond to ((6Z, 8E, 12Z)-methyl-10-hydroxyhexadeca-6, 8, 12-trienoate) (1) and (E)-methyl-3-(4-hydroxyphenyl) acrylate (2) using Nuclear Magnetic Resonance (RMN) in one and two dimensions.

KEYWORDS: marine alga, *Bostrychia calliptera*, secondary metabolites, chloride of methylene fraction, structure chemistry, Nuclear Magnetic Resonance (RMN).

LUIS ALBERTO LENIS V.

Químico, Ph.D.
Profesor Asociado
Departamento de Química
Universidad del Cauca
golenis@unicauca.edu.co

RICARDO BENITEZ B.

Químico, MSc.
Profesor Asociado
Departamento de Química
Universidad del Cauca
rbenitez@unicauca.edu.co

ENRIQUE SALAMANCA

Biólogo, Ph.D.
Profesor Titular
Departamento de Biología
Universidad del Valle
enripena@univalle.edu.co

PEÑA

DIANA Ma. CHITO TRUJILLO

Química
Departamento de Química
Universidad del Cauca
dchito@unicauca.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productos naturales han sido extraídos de plantas terrestres, mientras que el medio marino carece de una historia etnobiológica y etnomédica y aproximadamente solo desde hace 40 años se están desarrollando estudios que han demostrado que éste, es un excepcional banco de sustancias bioactivas. Cada año aparecen nuevos registros de metabolitos del mar, lo que indica, que el océano es un continuo y prolífico reservorio de productos naturales. Particularmente en las algas marinas se han encontrado grupos de metabolitos como: diterpenos, eicosanoides, lecitinas, esteroides y alcaloides.^[1]

Sin embargo, en Colombia hay pocas especies reportadas en la literatura. En la costa Pacífica estas especies marinas son las menos conocidas del continente americano. Con certeza se sabe que el litoral pacífico colombiano es relativamente pobre en cuanto a composición de especies, si lo comparamos con la costa

caribe^[2] la cual ha sido objeto de estudios en lo referente a análisis citoquímicos^[3].

Bostrychia calliptera es un alga roja (Rhodophyta) que muestra valores relativamente altos de cobertura en Bahía Málaga, Bahía de Buenaventura y la Ensenada de Tumaco (Costa Pacífica Colombiana), sitios donde se han reportado niveles de mercurio, cobre y plomo que sobrepasan los considerados niveles normales en aguas marinas^[4]. La abundancia y amplia distribución de esta especie hacen que tenga una posible utilidad como organismo bioacumulador de metales. De esta alga no hay información reportada acerca de su composición química la cual sería útil desde el punto de vista científico y práctico, pues contribuye a dilucidar e interpretar el aporte de las comunidades bénticas vegetales al funcionamiento de los ecosistemas regionales y ofrece información de gran ayuda en la planificación y potencial utilización del recurso.

El presente estudio se constituye en el primer reporte químico del alga *Bostrychia calliptera*, que favorece al

conocimiento de la composición de esta especie de alga asociada al manglar consiguiéndose establecer de una manera preliminar sus propiedades y/o características químicas. Este trabajo expone el aislamiento por medio de cromatografía líquida en columna y la elucidación estructural empleando RMN de dos metabolitos secundarios (**1** y **2**) a partir de la fracción de cloruro de metileno. La estructura del compuesto **1** un nuevo monoterpeno irregular y fue caracterizado como 10-hidroxi-(6Z, 8E, 12Z)-trienohexadecanoato de metilo; De igual forma, el compuesto **2** se constituye en un derivado del ácido p-coumárico y fue caracterizado como (E)- metil-3-(4-hidroxifenil) acrilato del cual se encuentran reportes de aislamiento en la literatura pero en organismos vegetales terrestres.^[5]

2. CONTENIDO

2.1. SECCIÓN EXPERIMENTAL

2.1.1. General

Los espectros de RMN ¹H, ¹³C, DEPT, HMQC, HMBC, COSY-45 fueron tomados en un Espectrómetro Bruker AMX-400 MHz usando secuencia de pulsos estándar. Como solvente de referencia para este análisis espectroscópico se empleo CDCl₃ cuyas resonancias características son (δ_H 7.25, δ_C 77.0). Los compuestos fueron separados a través de cromatografía líquida en columna utilizando como fase estacionaria *Gel de sílice* (Typ 60) y elución en modo gradiente.

2.1.2. Proceso de Recolección

Las muestras de *B. calliptera*, fueron recolectadas en la Bahía de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia, 3° 54' N, y 77° 5' W) entre los meses de Junio a Agosto de 2003. Las muestras se lavaron con agua desmineralizada y se envolvieron en toallas de papel humedecido con agua desmineralizada, se empacaron en bolsas de polietileno y se transportaron al laboratorio de biología marina de la Universidad del Valle ^[4] para su identificación y conservación a una temperatura de -6 °C hasta el momento de su extracción.

2.1.3. Proceso de Extracción

Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Química de Productos Naturales de la Universidad del Cauca donde 5 kg. de *Bostrychia calliptera* recolectados fueron secados a una temperatura de 40 °C, obteniéndose 2 kg. de alga secos, los cuales se sometieron a un proceso de extracción con una mezcla de etanol:agua (90:10). El extracto etanólico:agua (29.775g) se fraccionó inicialmente con hexano (4x100 mL) (7.735 g), luego con cloruro de metileno (4x500 mL) (9.965 g) y finalmente con etanol (3.900 g). Teniendo en cuenta la

cantidad de muestra obtenida en la fracción de cloruro de metileno se decide abordar su separación.

2.1.4. Proceso de Separación

La fracción de cloruro de metileno (9.897 g) fue fraccionada por cromatografía líquida en columna (CC) sobre Gel de sílice usando como fase móvil hexano, acetato de etilo y etanol, con elución en gradiente, obteniendo: 1.084 g de subfracción de hexano (SFCH), 4.1700 g de subfracción de acetato de etilo (SFCAE) y 0.735 g de subfracción de etanol (SFCE).

La subfracción de acetato de etilo presentó en cromatografía en capa fina (CCF) desarrolla con fase móvil hexano: acetal de etilo (7:5) la mayor cantidad de compuestos; igualmente se llevaron a cabo pruebas fitoquímicas preliminares indicando la presencia de terpenos, saponinas y taninos.

1.577g de SFCAE se fraccionaron sobre Gel de sílice mediante elución en gradiente empleando como solventes hexano, acetona, acetato de etilo y etanol en diferentes proporciones, obteniéndose ocho subfracciones. Posteriormente, dos de ellas fueron sometidas a dos fraccionamientos bajo similares condiciones obteniéndose las fracciones SFCAE_{6,9,6} (13.4 mg, compuesto **1**) y SFCAE_{6*4} (6.60 mg, compuesto **2**).

2.1.5. Análisis Espectroscópico

Los compuestos **1** y **2** purificados a través de cromatografía en columna fueron llevados a sequedad, rotulados y empacados bajo atmósfera de nitrógeno. Estos fueron enviados a la Universidad de Santiago de Compostela (España) para el análisis espectroscópico de RMN mono y bidimensional.

2.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del proceso de extracción del alga *Bostrychia calliptera* se obtuvo tres fracciones de diferente polaridad: apolar (hexano), medianamente polar (cloruro de metileno) y polar (etanol). Sin embargo, en éste estudio se considera la fracción de cloruro de metileno para llevar a cabo el proceso de separación y purificación.

La separación de la fracción de cloruro de metileno a través de gel de sílice, empleando hexano, acetato de etilo y etanol como fase móvil dio origen a tres subfracciones.

Se continuó el proceso de separación con la subfracción de acetato de etilo (SFCAE) teniendo en cuenta que fue la subfracción de mayor peso y de polaridad intermedia.

Al fraccionar 670 mg de ésta sobre gel de sílice y una elución en gradiente con hexano: acetona (7:3), acetona y etanol, se recolectaron volúmenes de elución de aproximadamente 6 mL, desarrollando CCF con fase móvil de hexano: acetona (1:1), obteniendo de esta forma ocho subfracciones. En CCF se empleó como revelador ácido fosfomolibdico debido a que éste es un revelador general.

Se consideró la subfracción SFCAE₆ (220 mg) para continuar el proceso de separación por presentar valores diferenciados de R_F (0.85, 0.68, 0.51, 0.26) en CCF desarrollada con una fase móvil de hexano: acetato de etilo (7:5). Dicha fracción se sometió a dos separaciones sucesivas sobre Gel de sílice por medio de una elución en gradiente con hexano y acetato de etilo obteniendo la subfracción SFCAE_{6,9,6} la cual mostró una sola mancha en CCF con un R_F de 0.26 al ser revelada con luz UV y ácido fosfomolibdico, y un espectro de absorción tomado en acetato de etilo con dos longitudes de onda: 210 nm y 280 nm como máxima de absorción (Figura 1), permitiendo establecer que hubo separación, por lo que ésta subfracción fue almacenada para posterior análisis por RMN.

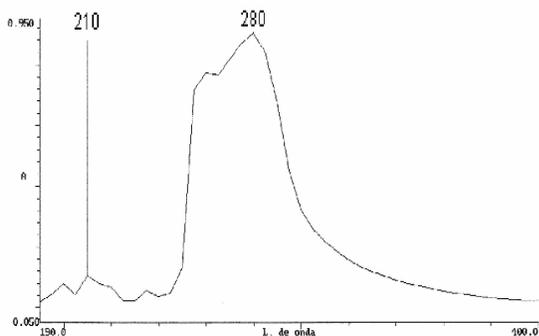


Figura 1. Espectro UV de SFCAE_{6,9,6}

Seguidamente, se abordó nuevamente la subfracción SFCAE (907 mg) empleando un gradiente de polaridad con hexano, acetato de etilo y etanol sobre Gel de sílice, se eluyeron ocho subfracciones SFCAE_{1*} - SFCAE_{8*}, de éstas se consideró la subfracción SFCAE_{6*} (178 mg) por observarse más limpia en CCF desarrollada con hexano: acetato de etilo (7:5) y por presentar valores de R_F de: 0.36, 0.24, 0.12, 0.07 indicando la presencia de compuestos de tendencia polar, para una nueva separación bajo las mismas condiciones obteniendo la subfracción SFCAE_{6*-4} que registro un R_F de 0.36 en CCF desarrollada con hexano: acetato de etilo (7:5), empleando como reveladores luz UV y ácido fosfomolibdico y un espectro UV-Vis tomado en acetato de etilo con longitudes de onda de absorción de 210 y 280 nm (Figura 2), indicando que hubo separación, por lo que se almacenó para posteriormente realizar su análisis de RMN.

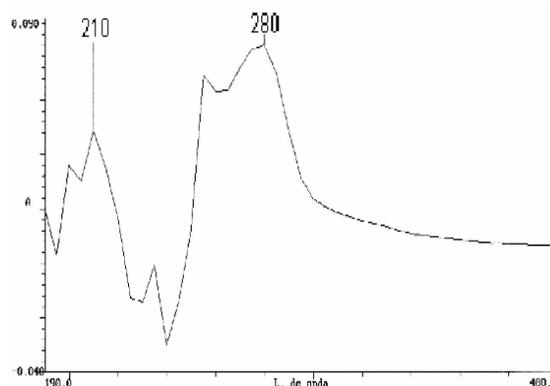


Figura 2. Espectro UV de SFCAE_{6*-4}

2.2.1. Pruebas Fitoquímicas Preliminares

En las pruebas fitoquímicas preliminares se analizó la presencia o ausencia de aquellos metabolitos secundarios que están ampliamente distribuidas en los organismos y que están relacionadas con alguna o varias actividades biológicas. De acuerdo a las coloraciones observadas en CCF se puede establecer que la subfracción SFCAE contiene taninos, saponinas, triterpenos, derivados antracénicos libres y chalconas o flavonoles^[5] que son los tipos de flavonoides que se revelan como fluorescencia al exponerlos a luz UV de 365nm; se puede deducir que estos metabolitos secundarios son sintetizados por el alga como respuesta a la influencia de diferentes factores relacionados con su hábitat, como son la temperatura, el pH, la salinidad, presencia de otros organismos, etc.

2.2.2. Análisis Espectroscópico

La subfracción SFCAE_{6,9,6} (compuesto **1**) se aisló prácticamente puro por CC como un aceite café. Los resultados espectroscópicos se muestran en la tabla 1.

El espectro RMN ¹H mostró a campo bajo cinco señales entre 5.40 y 6.52 ppm que son características de protones oleofínicos, una señal a 4.21 ppm de un protón metínico geminal a un grupo hidroxilo, una señal singlete a 3.66 ppm que integra para tres característica de protones del grupo metóxilo. A campo alto se observó señales entre 1.31 y 2.34 ppm características de protones metilénicos y una señal a 0.98ppm que integra para tres correspondiente a protones metílicos.^[6]

El espectro de RMN ¹³C mostró 17 señales de carbono cuyas multiplicidades se dedujeron a través de un experimento DEPT. Las resonancias de carbonos a 35.41, 34.06, 29.46, 29.03, 27.67, 24.88, 20.73 ppm corresponden a grupos metilénicos (-CH₂), a 135.19, 135.04, 132.87, 127.75, 125.82, 123.77, 72.11 ppm resuenan grupos metinos (-CH), a 51.4, 14.18 ppm resuenan grupos metilos (-CH₃) y a 174.30 ppm resuena un carbono cuaternario. El triplete alrededor de 77 es

característico de CDCl_3 . Las resonancias a 174.30, 72.11, 51.4 y 14.18 ppm sugieren la presencia de un

grupo COO- , C-OH , $\text{CH}_3\text{O-}$ y $\text{CH}_3\text{-R}$ respectivamente.

No.	δ^a_{C}	δ^a_{H} (J en Hz)	Integral	HMQC	COSY $^1\text{H-}^1\text{H}$	HMBC
1	51.44	3.66, s	3	H-1		
2	174.30					H1, H3, H4
3	35.41	2.34, m	2	H-3	H3 – H4	
4	24.88	1.60, m	2	H-4	H4 – H5	H3
5	29.46	1.32, m	2	H-5		H6
6	27.67	2.18, m	2	H-6	H6 – H5	
7	123.77	5.41, m, 7.28, 11.0	1	H-7	H7 – H6	
8	127.75	5.97, t, 11.0	1	H-8	H8 – H7	
9	125.82	6.52, td, 4.08, 11.0, 15.2	1	H-9	H9- H8 H9 – H 10	
10	135.04	5.69, dd, 6.37, 15.2		H-10	H10 – H11	
11	72.11	4.21, d, 5.42	1	H-11b	H11b- H12	H12
12	34.08	2.32, dd, 7.2, 7.5	2	H-12		H16
13	132.87	5.40, m, 7.2, 10.7	1	H-13	H13- H12	
14	135.19	5.56, m, 10.7	1	H-14	H14 – H13 H14 – H15	H15, H17
15	20.73	2.06, m	2	H-15	H15 – H16	H17
16	29.03	1.31, m	2	H-16		
17	14.18	0.98, m	3	H-17		H15

^a desplazamientos en ppm.

Tabla 1. Resultados de RMN ^{13}C , ^1H , HMQC, HMBC de SFCAE_{6,9,6}.

Los experimentos bidimensionales HMQC y COSY $^1\text{H-}^1\text{H}$ permitieron establecer las correspondientes correlaciones carbono-hidrógeno y protón-protón. De esta forma, se confirmó que la señal a un δ 51.44 ppm estaba directamente unido a los protones de δ 3.66 y por lo tanto constituyen un grupo metilo unido a un átomo de oxígeno. Así mismo, se pudo determinar que los protones a desplazamientos de 5.41, 5.97, 6.52, 5.69, 5.40, 5.56 ppm estaban directamente unidos a los carbonos oleofínicos que se registran a desplazamientos de 123.77, 127.75, 125.82, 135.04, 132.87, 135.19 ppm respectivamente. El experimento COSY $^1\text{H-}^1\text{H}$ mostró las correlaciones protón-protón, permitiendo establecer las uniones adecuadas de los sistemas carbono-protón formados con HMQC, para de esta forma proponer el fragmento de la Figura 3. Así, los protones a desplazamiento de 2.34 ppm se correlacionan con los de δ 1.60 ppm, estos a su vez se correlacionan con los de δ 1.32 ppm y así sucesivamente. El valor de las constantes de acoplamiento para los protones metínicos a desplazamientos de 5.41 y 5.97 ppm de 11.0 Hz y para los de desplazamiento a 5.40 y 5.56 ppm de 10.7 Hz (Tabla 3), demuestran la presencia de sistemas oleofínicos alifáticos con isomería geométrica *Z* ya que están alrededor de 11.00 Hz que es el valor teórico. Mientras que los protones a δ 6.52 y 5.69 ppm registran una constante de acoplamiento de 15.2 Hz, que indica una isomería *E* para este sistema oleofínico. El fragmento ya constituido se unió al grupo metoxilo ya propuesto, a través del carbono cuaternario (δ 174.30 ppm) cuyo desplazamiento corrobora la existencia de un grupo éster, para finalmente proponer la estructura de la Figura 4.

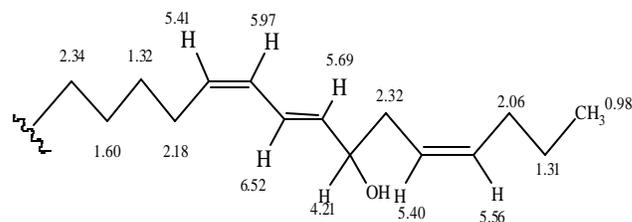


Figura 3. Fragmento de la estructura sugerida para **1** formado empleando los experimentos HMQC y COSY.

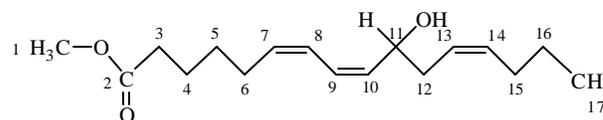


Figura 4. Estructura sugerida para el compuesto **1**.

Esta estructura verifica la multiplicidad y las correlaciones a larga distancia carbono – protón registrado por el espectro RMN ^1H y HMBC (Tabla 3), muestra claramente las correlaciones HMBC del carbono a 174.30 ppm con los protones metílicos y con los que se encuentran en posición α y β con respecto al carbonilo.

La estructura sugerida se denomina 10-hidroxi-(6*Z*,8*E*,12*Z*)-trienoheptadecanoato de metilo, la existencia de los grupos COO- , HO- y los dobles enlaces confirman la polaridad intermedia que presentó la subfracción cuando se obtuvo a través CC, ya que fue eluida con una mezcla de fase móvil de hexano: acetato de etilo (7:4). De igual forma, al único sistema de doble enlace conjugado que presenta la molécula se le atribuye la capacidad de absorber luz UV, que fue la característica

observada en el revelado de la placa en CCF desarrollada para esta subfracción en el momento de la separación. Se puede considerar un monoterpene irregular derivado de la vía biosintética del ácido mevalónico con la intervención de dos unidades de isopreno (C_5), isopentenil pirofosfato (IPP) y dimetilalil pirofosfato (DMAPP). Este tipo de compuestos se encuentran en la naturaleza y son excepciones a la regla del isopreno en la cual se condensan sucesivas unidades de isopreno a través de una unión cabeza cola 1-4 produciendo compuestos de fórmula $(C_5)_n$.

Con respecto a la subfracción SFCAE_{6*,4}, (compuesto 2), ésta se aisló pura por CC como un aceite café. Los resultados espectroscópicos se muestran en la tabla 2.

No.	δ^a_{C}	δ^a_{H} (<i>J en Hz</i>)	Integral	HMQC	HMBC
1	51.7, s	3.80, s	3	H-1	
2	168.09, s				H-4, H-3, H-1
3	115.10, s	6.30, d, 15.95	1	H-3	H-4
4	144.76, s	7.64, d, 15.95	1	H-4	H-6
5	127.08, s				H-3, H-7
6	129.98, s	7.42, d, 8.51	2	H-6	H-4
7	115.89, s	6.85, d, 8.49	2	H-7	
8	157.90, s				H-6, H-7
8b		5.84, s	1		
9	115.89, s				
10	129.98, s				

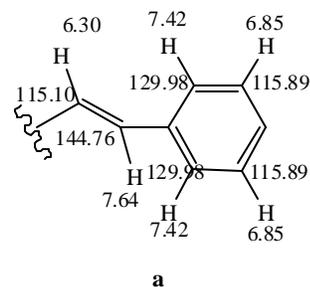
^a desplazamientos en ppm.

Tabla 2. Resultados de RMN ¹³C, ¹H, HMQC, HMBC de SFCAE_{6*,4}.

Las resonancias a δ 144.76, 129.98, 115.89, 115.10 ppm corresponden a grupos metinos de ($-CH=$), la señal a δ : 51.7ppm se atribuye a un carbono de un grupo metoxilo (CH_3-O) y las señales a δ 168.09, 157.90, 127.08 ppm indican la presencia de tres carbonos cuaternarios de señales CH_3-CO-X , $X: O$; $=C-X$, $X: O$; $-C=$ respectivamente. En el espectro COSY ¹H-¹H, la señal a δ 7.64 mostró correlación con la señal a δ 6.30ppm y el valor de la constante de acoplamiento de $J = 15.95$ Hz permite establecer una isomería geométrica *E*. La señal a δ 7.42 ppm mostró correlación con la señal a δ 6.85 y el valor de la constante de acoplamiento de $J \approx 8.49$ Hz permite establecer una isomería geométrica *Z*. La integración para las señales de RMN ¹H a 7.42 y 6.85 ppm indican la presencia de dos protones y según HMQC están enlazados a los carbonos de desplazamiento de 129.98 y 115.89 ppm respectivamente, sin embargo el DEPT demuestra que estos dos carbonos corresponden a grupos metinos (CH), por lo que se deduce que debe haber presencia de dos carbonos simétricos, de esta forma se construye el fragmento **a**. A partir de la información espectroscópica de RMN ¹H, ¹³C, DEPT, HMQC, COSY ¹H-¹H y la multiplicidad el fragmento **a**

El espectro de RMN ¹H ($CDCl_3$) de esta subfracción reveló la presencia de seis tipos de protones (Tabla 2), a campo bajo se observan los protones de grupos metinos a: δ 6.30 ppm ($J = 15.95$ Hz), δ 6.85 ppm ($J = 8.49$ Hz), δ 7.42 ppm ($J = 8.51$ Hz), δ 7.64 ppm ($J = 15.95$ Hz), a campo alto el protón de un grupo hidroxilo a δ 5.84 ppm y el protón de un grupo CH_3-O a δ 3.80 ppm. Estas señales mostraron correlaciones HMQC a señales de carbonos a δ 115.10, 115.89, 129.98, 144.76 ppm respectivamente.

El espectro de RMN ¹³C indican la presencia de ocho tipo de carbonos cuyas multiplicidades se dedujeron por medio del experimento de DEPT.



se une al carbono cuaternario que resuena a 168.09 ppm, que como ya se menciono anteriormente corresponde a un grupo $-COOCH_3$ y de esta forma se sugiere la estructura de la Figura 5 para la subfracción SFCAE_{6*,4}. Esta estructura muestra correlaciones a larga distancia HMBC, que corresponden a las obtenidas en el análisis espectroscópico de la subfracción SFCAE_{6*,4} (Tabla 2), muestra las correlaciones del carbono a 168.09 ppm con los protones que resuenan a desplazamientos de 3.80, 6.30 y 7.64 ppm, como también las correlaciones del carbono olefínico alifático con los protones del sistema aromático.

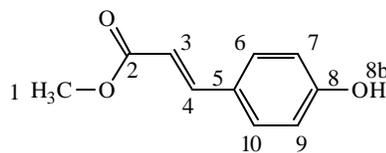


Figura 5. Estructura sugerida para el compuesto 2.

La estructura sugerida se denomina (*E*)- metil-3-(4-hidroxifenil) acrilato o 3-(4-hidroxifenil)-(2*E*)-propenoato de metilo. La presencia de los grupos OH y COO⁻, le confieren carácter polar a la molécula, mientras que el sistema aromático y la cadena alifática oleofínica carácter apolar; de esta forma se justifica su solubilidad y su fuerte interacción con la mezcla de hexano: acetato de etilo (7:4) que corresponde a la proporción de fase móvil de elución. Así mismo, el sistema conjugado de dobles enlaces es el responsable de la capacidad de absorción de luz UV, que fue el revelador que permitió evidenciar su separación a través de cromatografía en capa fina. El compuesto identificado se considera un derivado del ácido cinámico formado a partir de la vía del metabolismo del shikimato que proporciona un gran número de de compuestos aromáticos relacionados con aminoácidos, fenilalanina y tirosina. Esta vía metabólica es muy importante en algas ya que los compuestos de partida son el 4fosfato de eritrosa y el piruvato, los cuales están involucrados en el metabolismo primario de azúcares y participan en la asimilación de carbono en el ciclo de la fotosíntesis.^[5, 7] Las sustancias derivables del ácido cinámico (C₆-C₃) constituyen varios grupos de sustancias interesantes, algunos son fenoles, como el eugenol, éteres como la miristicina, dímeros como los lignanos sesamina y el NDGA, y en el caso del compuesto identificado en éste estudio un éster derivado del ácido *p*-coumárico.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio constituye un aporte significativo a la composición del alga marina *Bostrychia calliptera*, especie de la cual no hay reporte en la literatura y es un organismo que se proyecta como un indicador biológico y como fuente importante de carragenanos, que son compuestos empleados ampliamente en la industria.

La presencia de metabolitos secundarios como flavonoides, taninos, saponinas, triterpenos y derivados antracénicos establecida a través de las pruebas preliminares realizadas en cromatografía de capa fina a la subfracción de acetato de etilo de la fracción de cloruro de metileno del alga marina *Bostrychia calliptera* proyectan éste organismo como una fuente excepcional de compuestos con actividad biológica.

El análisis espectroscópico de RMN ¹H, ¹³C, DEPT, COSY ¹H -¹H HMQC y HMBC permitió sugerir como estructuras químicas para las subfracciones SFCAE_{6,9,6} y SFCAE_{6,4} obtenidas de los procesos de separación y purificación en cromatografía líquida en columna sobre sílica gel las correspondientes a los compuestos 10-hidroxi-(6*Z*,8*E*,12*Z*)-trienohexadecanoato de metilo y (*E*)- metil-3-(4-hidroxifenil) acrilato, respectivamente.

La elucidación estructural de las subfracciones SFCAE_{6,4} y SFCAE_{6,9,6} permitió establecer como

constituyentes del alga *Bostrychia calliptera* un derivado del ácido *p*-coumárico y un monoterpeno irregular. De igual forma reconocer como vías biosintéticas de metabolitos secundarios: la biogénesis del ácido shikímico y del ácido mevalónico. Así mismo, esto permite suponer la existencia de otros metabolitos como los alcaloides considerando la interrelación que existe entre los productos metabólicos, promoviendo así, el interés investigativo por esta especie o especies del mismo género con el fin de encontrar compuestos similares o iguales como consecuencia de la extensa coincidencia de sus patrones genéricos.

Sería importante continuar con el estudio de la fracción de cloruro de metileno del alga *Bostrychia calliptera* debido a que se obtuvo resultados satisfactorios en cuanto a que se logró elucidar estructuras químicas que representan relevancia metabólica, como también contemplar los extractos etanólico y de hexano y evaluar la actividad biológica de los compuestos aislados para establecer sus posibles utilidades o determinar las posibles vías para sintetizar un compuesto natural.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca, por el soporte económico brindado a esta investigación.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. OSPINA A., Actividad antimicótica de dos especies de algas del pacífico colombiano. 1997. p. 5-12, 18-22, 27, 28, 39, 40.
- [2]. BEJARANO A., Aporte de biomasa de las microalgas bentónicas al ecosistema manglar estuarino. Santiago de Cali. Marzo. 1997. p. 13-15.
- [3]. ARANGO G., VELASCO E., Observaciones fenológicas preliminares de las algas rojas *Catenella impúdica* y *Bostrychia calliptera* en punta soldado (Bahía de Buenaventura). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Área Biología Marina. p. 1-13.
- [4]. PEÑA SALAMANCA. Enrique J¹., LOZANO DUQUE. Yesid¹, BENITEZ. Ricardo². Dinámica de la Bioacumulación de Metales Pesados en dos Especies de Algas en la Bahía de Buenaventura, Pacífico Colombiano. ¹Universidad del Valle, Departamento de Biología, ²Universidad del Cauca, Departamento de Química, 2003.
- [5]. DOMINGUEZ X., Métodos de Investigación, Fitoquímica, Limusa, México, 1985, p. 57-60.
- [6]. SILVERSTEIN, BASSLER AND MORRIL. Spectrometric Identification of organic compounds, Fourth edition, John Wiley & Sons, 1981, p.237, 289.
- [7]. MANN J., Secondary Metabolism, Second Edition, Clarendon Press, Oxford, 1987, p. 111-114, 172-177.