



Identificación de componentes químicos del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) proveniente de cultivos orgánicos en la zona alta andina

Identification of chemical components of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) from organic crops in the high Andean zone

Ana María Pulido Arango¹, Luis Miguel Riveros Loaiza², Javier Leonardo Rodríguez Cabra³

Recibo: 16.04.2017 Aceptado: 13.02.2018

Pulido, A., Rivero, L. y Rodríguez, J. (2018). Identificación de componentes químicos del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) proveniente de cultivos orgánicos en la zona alta andina. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(1). 6-19. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/24220582.658>

Resumen

En el presente estudio, se obtuvo aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L. var. *Israelí*) de 6 y 24 meses de trasplantado, proveniente de cultivos orgánicos ubicados en la zona alta andina colombiana. Estos aceites fueron analizados por medio de GC-MS determinando los componentes químicos presentes en dichas muestras y la proporción relativa en la que se encuentran. Para conocer la existencia de variaciones en la composición del aceite obtenido en dicho equipo, se realizaron extracciones simultáneas en el laboratorio con un montaje de las mismas características pero fabricado en vidrio. Estas muestras se analizaron por GC-MS y al compararlas, se obtuvo que los aceites extraídos en el prototipo están compuestos en mayor cantidad por monoterpenos y monoterpenos oxigenados, contrario a los obtenidos en el laboratorio, donde la mayoría fueron monoterpenos oxigenados. El eucaliptol, α -pineno, alcanfor, β -cariofileno, acetato de bornilo, canfeno, β -pineno, limoneno, felandreno y γ -terpineno, son los compuestos mayoritarios en todas las muestras analizadas; sin embargo, en los aceites extraídos en el prototipo de material vegetal de 24 meses, el compuesto mayoritario fue α -pineno, a diferencia de lo obtenido en el laboratorio para la misma muestra; en donde el compuesto con mayor presencia fue el eucaliptol. En cuanto al alcanfor, el β -careofileno y acetato de bornilo, presentaron una disminución en su presencia en los aceites extraídos en el prototipo tanto en el material vegetal de 24 y de 6 meses, contrario al canfeno, β -pineno y limoneno, que aumentaron su concentración relativa en los aceites extraídos en el prototipo, manifestando diferencias en los aceites extraídos en cada uno de los equipos del estudio.

Palabras clave: *rosmarinus officinalis* L., aceite esencial, arrastre con vapor, cromatografía de gases - espectrometría de masas, eucaliptol, α -pineno, guasca.

¹Universidad Nacional de Colombia; ingampa@gmail.com; Colombia

²Universidad Nacional de Colombia; lmriverosl@unal.edu.co; Colombia

³Universidad Nacional de Colombia; jlrodriguez@unal.edu.co; Colombia

Abstract

For the present study, rosemary (*Rosmarinus officinalis* L. var. *Israeli*) samples of 6 and 24 months of transplanted were collected from organic crops located in the high Andean area of Colombia. They were submitted to extraction of essential oil by steam distillation in Prototype equipment made of stainless steel. These oils were analyzed using GC-MS, to determine the chemical components present in these samples and the relative proportion. In order to know the existence of variations in the composition of the oil obtained, simultaneous extractions were carried out in the laboratory with an equipment of the same characteristics but made of glass. These samples were analyzed by GC-MS and therefore, it was obtained that the oils extracted in the prototype are composed in greater amount by monoterpenes and oxygenated monoterpenes, contrary to those obtained in the laboratory, where most were oxygenated monoterpenes. Eucalyptol, α -pinene, camphor, β -caryophyllene, bornyl acetate, camphene, β -pinene, limonene, phellandrene and γ -terpinene were the major compounds in all samples analyzed, but in oils extracted in the prototype for plants of 24 months, the majority compound was α -pinene, unlike the one obtained in the laboratory for the same sample, where the compound with the highest presence was Eucalyptol. As for camphor, β -careophylene and bornyl acetate, showed a decrease in their presence in the oils extracted in the prototype in plants of 24 and 6 months, contrary to camphene, β -pinene and limonene, that increased their relative concentration in the oils extracted in the prototype, showing differences in oils extracted in each of the study equipment.

Keywords: *rosmarinus officinalis* L., essential oil, steam distillation, gas chromatography - mass spectrometry, eucalyptol, α -pinene, guasca.

Introducción

El romero (*Rosmarinus officinalis* L.) es un arbusto perenne de origen mediterráneo, conocido por sus propiedades terapéuticas, cosméticas y medicinales el cual ha sido ampliamente utilizado en productos por su poder astringente, rubefaciente, antirreumática, antiespasmódica, antibacteriana y estimulante de la circulación, entre otros (Lemes, Rodríguez & Acosta de la Luz, 2001). Algunas de estas propiedades se dan gracias a los metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial, los cuales cumplen para la planta la función de atraer insectos polinizadores y brindar protección frente a los predadores, actuando como repelentes o pesticidas naturales (García & Pérez-Urria, 2009). Dichos metabolitos secundarios se pueden obtener de diversos métodos de extracción, pero en el caso del

romero, el método que ofrece una mayor obtención y rendimiento de sus componentes activos es la destilación por arrastre con vapor (Boutekdjiret, Bentahar, Belabbes, & Bessiere, 2003).

Sin embargo, la proporción de cada uno de los constituyentes de este aceite puede variar de acuerdo al desarrollo vegetativo o etapa en la que se encuentre la planta (Yosr, Hnia, Rim, & Mohamed, 2013), al igual que las condiciones climáticas y geográficas en el que se haya desarrollado (Isman, Wilson, & Bradbury, 2008), también esta composición puede ser afectada por el tratamiento pos-cosecha, como es el caso de someter el material vegetal a un secado previo a la extracción este tipo de tratamiento es útil para mantener el material vegetal conservado durante mucho tiempo y la posibilidad de disponer de este

durante las diferentes épocas del año, es por ello que se usa en algunos casos un secado previo a la destilación cuidando los tiempos y la temperatura de secado para no degradar los compuestos activos (Doymaz, 2007); (da Rocha *et al.*, 2012).

De acuerdo a la proporción y presencia de dichos compuestos, es posible determinar cuáles son los usos potenciales en la industria de un aceite esencial; como es el uso en la industria agrícola de los aceites ricos en alcanfor, eucalipto, α -pineno, limoneno, entre otros (Nerio, Olivero-Verbel, & Stashenko, 2010), ya que se ha demostrado que estos aceites poseen actividades biológicas como controladores de plagas de los órdenes *Diptera* (Prajapati, Tripathi, Aggarwal, & Khanuja, 2005), *Coleóptera* (Papachristos & Stamopoulos, 2002), *Thysanóptera* (Koschier & Sedy, 2003) y *Lepidóptera*, afectando su oviposición, (Katerinopoulos, Pagona, Afratis, Stratigakis, & Roditakis, 2005), al igual que los estados o instares tempranos de algunas de las especies de los órdenes mencionados (Clemente, Mareggiani, Broussalis, Martino, & Ferraro, 2003). También se conoce que tiene efectos acaricidas, ya que puede acabar hasta con el 100% de los individuos adultos en experimentos in-vitro (Miresmailli, Bradbury & Isman, 2006).

Por otro lado también se conoce que los componentes activos del aceite de romero como α -pineno, eucaliptol, canfeno, mirceno, alcanfor y borneol pueden inhibir diversas actividades biológicas de algunas bacterias Gram positivas y Gram negativas (Castaño, Ciro, Zapata, & Jiménez, 2010); o en especies de hongos como *Alternaria alternata*, desencadenante de algunas crisis asmáticas (Plaza *et al.*, 2003), y *Penicillium digitatum*, donde el aceite ayuda a reducir los efectos negativos de las micotoxinas en el ser humano (Hendel, Larous & Belbey, 2016).

También se conoce que los metabolitos secundarios del aceite de romero inhibe la

producción de radicales libres y actividades cancerígenas (Hussain, Anwar, Chatha, Jabbar, Mahboob & Nigam, 2010; Bozin, Mimica-Dukic, Samojlik, & Jovin, 2007).

De acuerdo con la utilidad de los compuestos anteriormente nombrados, es importante que al extraer un aceite esencial se pueda determinar los metabolitos secundarios que se encuentran en él, ya que esto facilita considerablemente la búsqueda de nichos de mercado, los cuales son una alternativa de comercialización para estos productos frescos en temporadas de baja demanda.

Con este argumento se buscó dar apoyo a la comunidad de agricultores de cultivos orgánicos de romero (*Rosmarinus officinalis L.* var. Israeli), localizados en el municipio de Guasca, a 48 km de la ciudad de Bogotá, en la zona alta andina colombiana. Allí, por medio del Corredor Tecnológico Bogotá Cundinamarca, se formuló un proyecto para mitigar dicha problemática, donde se desarrolló un equipo prototipo para la extracción del aceite esencial.

El proceso de extracción se basó en el método de destilación por arrastre con vapor, utilizando el vapor producido por la ebullición del agua, que traspasa el material vegetal suspendido en una malla, evitando que éste entre en contacto con el agua. Dicho diseño fue totalmente fabricado en acero inoxidable por su resistencia a los ambientes ácidos, básicos y materiales orgánicos, evitando una posible degradación del aceite esencial (Stashenko, 2009).

El estudio del presente artículo fue basado en la determinación de los compuestos químicos del aceite de romero cultivado en Guasca, los cuales fueron extraídos en el equipo prototipo en donde se sometieron muestras de material vegetal tomado de dos unidades productivas, una de 6 meses y otro de 24 meses de haber sido trasplantados. Para determinar la existencia de variaciones en la

composición del aceite obtenido en dicho equipo, se realizaron extracciones simultáneas en el laboratorio con un montaje en vidrio, de las mismas características de todas las muestras de romero recolectadas

Para llevar a cabo la predicción del tiempo de vida útil de un alimento se puede realizar de diversas formas entre ellas el modelo de Arrhenius el cual es un modelo cinético que establece la relación del crecimiento microbiano con respecto a la temperatura como factor extrínseco determinante en el crecimiento microbiano.

El objetivo de esta investigación tiene como fin elaborar Bioempaques a partir de Almidones nativos y aceites esenciales de la región de Cundinamarca, debido a sus componentes el bioempaque funciona como un empaque activo que permitirá prolongar el tiempo de vida útil de las frutas del género.

El estudio del presente artículo fue basado en la determinación de los compuestos químicos del aceite de romero cultivado en Guasca, los cuales fueron extraídos en el equipo prototipo en donde se sometieron muestras de material vegetal tomado de dos unidades productivas, una de 6 meses y otro de 24 meses de haber sido trasplantados.

Para determinar la existencia de variaciones en la composición del aceite obtenido en dicho equipo, se realizaron extracciones simultáneas en el laboratorio con un montaje en vidrio, de las mismas características de todas las muestras de romero recolectadas.

Materiales y metodos

Recolección, selección y preparación de material vegetal

El material vegetal se recolectó el día 1 de noviembre de 2016 en dos localidades del municipio de Guasca. En el predio San Francisco localizado geográficamente en Latitud 4°49'02" N, longitud 73°53'33" W a 2.759 msnm, se recolectó el romero con 6 meses de trasplantado; y en el predio María Paula localizado 4°50'05" N longitud 73°51'16" W a 2.924 msnm se recolecto el material de 24 meses de trasplantado. Los suelos de dichos predios contaban con pH ácidos a neutros, contenidos de materia orgánica y nitrógeno entre medios y altos, fósforo bajos a altos y un alto contenido en potasio además, textura Franco, desde arcillosas a arenosas y arcillolimosas (Avendaño, 2016).

El corte de los tallos utilizados en la extracción se realizó en primeras horas de la mañana, evitando los climas lluviosos en el día anterior o en el día de la recolección. Los tallos fueron cortados con una longitud de 15±2cm desde el ápice de cada rama, impidiendo la exposición directa al sol del material recolectado para evitar posibles evaporaciones de componentes activos. La selección se realizó teniendo en cuenta que los tallos no presentaran síntomas de enfermedad, daño por plaga y puntas necróticas o cloróticas; evitando la contaminación de suelo u otro tipo de sustancias que puedan alterar el estudio.

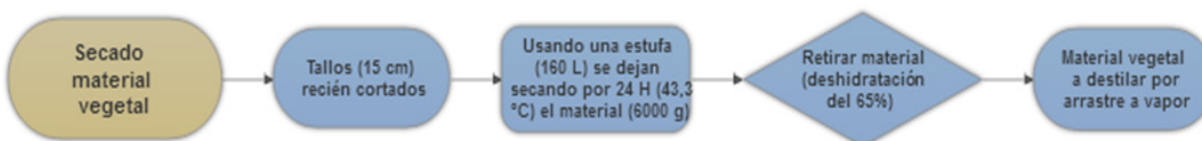


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de secado del material vegetal

Luego en el romero recolectado se estableció que el porcentaje de humedad era del 85% y haciendo uso de seis lotes de 6.000g cada uno fueron deshidratados hasta perder el 65% de su peso original en una estufa de 160L de capacidad (Cabelas modelo TS160D), durante 24 horas a una temperatura de 43,3°C (Figura 1), esto para evitar la pérdida de componentes activos de la planta, debido a que según la literatura se debe hacer uso de temperaturas que no degraden o volatilicen los compuestos activos, así como de tiempos relativamente prolongados de secado (Müller & Heindl, 2006); (da Rocha *et al.*, 2012).

Obtención en laboratorio de aceite esencial AE de *Rosmarinus officinalis L.*

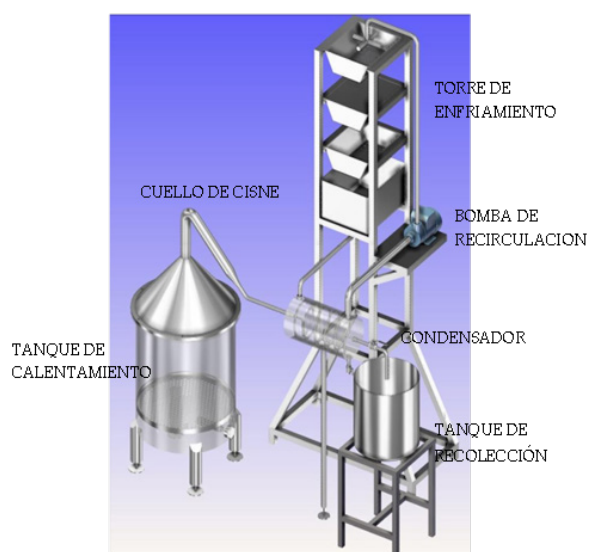
Fueron pesados en una balanza (Adam modelo PGW453i) 250,000±0.001g de material vegetal deshidratado, esto se depositó en un equipo de destilación por arrastre de vapor de vidrio, la destilación se desarrolló de acuerdo al procedimiento establecido (Cerutti & Neumayer, 2004), por 120min a una temperatura de 93°C. Este ejercicio se realizó por triplicado por cada una de las muestras recolectadas en tablas para obtener datos consistentes para luego ser analizadas por medio de pruebas estadísticas.

Obtención en prototipo de aceite esencial AE de *Rosmarinus officinalis L.*

Se depositaron en el equipo 5000±50g de romero previamente deshidratado, los cuales fueron sometidos a extracción de aceite esencial por arrastre de vapor, en el prototipo de acero inoxidable de 80L de capacidad. Dicho prototipo cuenta con un tanque de calentamiento eléctrico, dividido en dos cavidades por una malla móvil que evita la inmersión del material vegetal en el agua. El agua que genera el vapor para el arrastre del aceite, se mantuvo en ebullición por 120min a 93°C (Figura 2). Este vapor de agua y aceites volátiles fueron condensados en el serpentín, que destiló aceite esencial e hidrolato, que al no ser miscibles se

separaron por medio de un embudo de decantación. Este ejercicio se realizó por triplicado por cada una de las muestras recolectadas, para obtener datos consistentes y ser analizados estadísticamente. que al no ser miscibles se separaron por medio de un embudo de decantación. Este ejercicio se realizó por triplicado por cada una de las muestras recolectadas, para obtener datos consistentes y ser analizados estadísticamente.

Figura 2. Montaje equipo prototipo acero inoxidable



Fuente: Elaboración propia

Análisis de cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS)

Para el análisis de las muestras de aceite esencial de romero, se tomaron de cada uno 25±0,2μL, los cuales se llevaron a un volumen final de 1mL con n-hexano. La separación de los componentes se realizó utilizando un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6850 serie II con detector selectivo a masas, el cual fue equipado con dos columnas de diferente polaridad, una apolar DB-5 (60m X 0,25mm x 0,25μm) y otra polar HP- INNOWax (60m x 0,20 mm x 0,25μm). A cada uno de los picos obtenidos en los cromatogramas se determinó el espectro de masas. Las mismas condiciones del análisis se corrieron como referencia una

serie homóloga de hidrocarburos desde C8 hasta C40, que se utilizaron para determinar los índices de retención.

Identificación de componentes y análisis estadístico

La determinación de los constituyentes químicos se realizó por comparación de los espectros de masas y los índices de retención obtenidos para cada compuesto con los reportados en las bases de datos NIST, Wiley y Pherobase, y los publicados en la literatura (Adams, 1995); (Jennings & Shibamoto, 1980).

Posteriormente, para el análisis estadístico solo se tomaron los datos obtenidos en la columna DB5 (columna apolar), en donde se compararon los %Área de los seis compuestos de mayor concentración relativa, que aportan el 75% de la fracción de los aceites obtenidos en

el equipo prototipo y laboratorio para material vegetal de 6 y 24 meses de trasplantado. En el programa estadístico IBM SPSS Statistics Base 24, se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilk, posteriormente prueba T y Prueba de Mann-Whitney en casos de distribución normal y no normal respectivamente. Con estas dos pruebas se calcularon las significancias existentes en los datos obtenidos (p) para luego concluir si se asumen que las medias de las comparaciones son iguales ($p \geq 0,05$) o no son iguales $p \leq 0,05$ (Tabla 1)

Resultados y discusiones

Identificación componentes

El análisis de GC-MS permitió identificar la presencia de un número de compuestos (Tabla 2), según el orden de elución en la columna DB-5 como en la columna HP- INNOWAX.

Tabla 1.

Hipótesis Vs comparación de medias

Comparación	Hipótesis
Lab. 6 meses Vs Lab. 24 meses	$H_0 = \mu \text{ %Área compuesto X} = \mu \text{ %Área compuesto X}$
Prot. 6 meses Vs Prot. 24 meses	
Lab. 6 meses Vs Prot. 6 meses	$H_1 = \mu \text{ %Área compuesto X} \neq \mu \text{ %Área compuesto X}$
Lab. 24 meses Vs Prot. 24 meses	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Cantidad de compuestos identificados en análisis GC-MS

Muestra de aceite	N° compuestos identificados
Lab-6meses	26
Lab-24meses	27
Prot-6meses	23
Prot-24meses	24

Fuente: Elaboración propia

De estos compuestos se determinó que los metabolitos secundarios de mayor presencia en el aceite esencial de romero cultivado en Guasca son el eucaliptol, α -pineno, alcanfor, β -cariofileno, acetato de bornilo, canfeno, β -pineno, limoneno, felandreno y γ -terpineno (Tabla 3); datos que concuerdan con reportes realizados sobre la composición del aceite esencial de *R. officinalis* (Miladi *et al.*, 2013; Hussain *et al.*, 2010; Zaouali, *et al.*, 2013).

Los aceites extraídos en el laboratorio presentaron un elevado contenido de monoterpenos oxigenados como, el eucaliptol y el alcanfor, compuestos que se caracterizan por sus actividades biológicas insecticidas, antimicrobiana, antiviral, entre otros (Chen W, 2013).

En cuanto a los sesquiterpenos presentes, los aceites obtenidos en el laboratorio contienen mayor concentración relativa de dichos compuestos, un ejemplo de esto es el β -cariofileno, debido a esto los porcentajes de monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos constituyen base importante para diferenciar generalmente entre el tratamiento de laboratorio respecto del prototipo, pudiéndose observar de una diferencia de casi 10 unidades para los monoterpenos oxigenados y cinco unidades de diferencia para los sesquiterpenos.

Para poder analizar de mejor manera las diferencias entre cada uno de los aceites, se estudiaron estadísticamente los datos obtenidos de los compuestos mayoritarios obtenidos.

Comparación del % área del eucaliptol

En la Figura 3 se pueden visualizar las medias y la distribución de los datos existentes de cada uno de los análisis.

Al realizar las pruebas de Shapiro-Wilk se determinó que cada una de las muestras cuentan con una distribución normal, que al momento

de aplicar prueba T en los datos de % Área, se determinó que la presencia del eucaliptol en todos los aceites extraídos en los diferentes equipos y edades, no cuentan con diferencias significativas ya que los intervalos de confianza son muy cercanos.

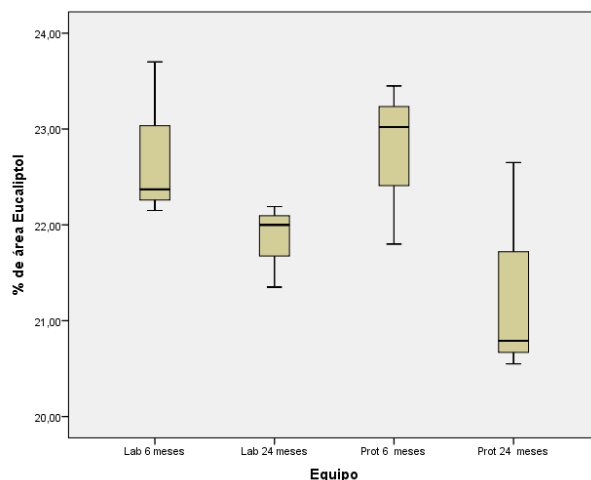


Figura 3. Diagrama de cajas % Área eucaliptol vs Equipo

Comparación del % área del α -pineno

En la Figura 4 se puede visualizar las medias y la distribución de los datos de % de área de α -pineno.

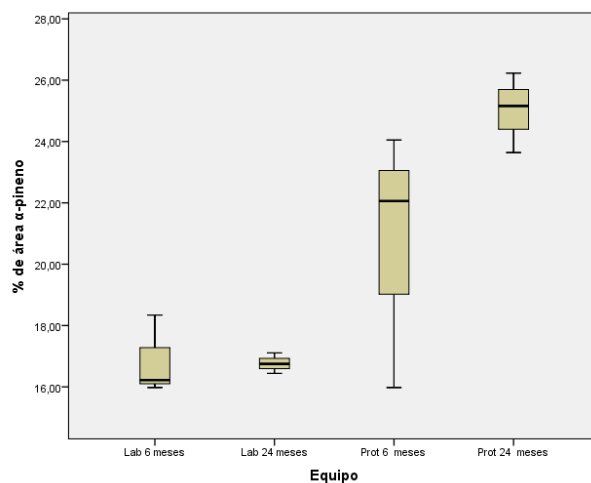


Figura 4. Diagrama de cajas % Área α -pineno vs Equipo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

% de área de los compuestos identificados en las columnas DB-5 y HP Innovax

Compuestos	I. Kovalts		Prom % de área			
	DB-5	HP-Innowax	Lab 6 meses	Lab 24 meses	Prot 6 meses	Prot 24 meses
Eucaliptol	1038	1214	22,74+/-2,084	21,847+/-1,093	22,757+/-2,126	21,33+/-2,854
α -pineno	938	1027	16,847+/-3,227	16,767+/-0,832	20,697+/-10,443	25,01+/-3,232
Canfeno	955	1059	7,49+/-1,876	8,483+/-0,802	9,373+/-3,836	11,807+/-1,908
Alcanfor	1155	1528	12,4+/-2,668	14,817+/-1,473	8,273+/-0,79	9,443+/-0,954
Acetato de bornilo	1295	1587	7,803+/-0,763	5,523+/-1,18	6,63+/-6,541	3,017+/-0,4
β -cariofileno	1430	1608	9,427+/-2,921	8,9+/-1,657	6,65+/-5,55	4,813+/-0,994
β -pineno	983	1113	5,257+/-1,163	5,44+/-0,368	6,71+/-1,086	7,12+/-1,041
Limoneno	1033	1212	3,373+/-0,325	3,397+/-0,313	4,113+/-0,45	4,153+/-0,584
α -felandreno	1010	1166	2,69+/-0,375	2,44+/-0,534	3,29+/-0,8	3,217+/-0,353
γ -terpineno	1060	1262	1,713+/-0,211	1,967+/-0,266	2,02+/-0,584	2,243+/-0,184
α -terpineol	1201	1711	1,383+/-0,313	1,157+/-0,062	0,427+/-0,919	0,61+/-0,065
Verbenona	1217	1733	1,23+/-0,46	1,607+/-0,236	0,597+/-0,186	0,883+/-0,122
α -cariofileno	1465	1680	1,297+/-0,46	1,183+/-0,211	0,833+/-0,874	0,563+/-0,137
Mirceno	990	0	1,087+/-0,062	1,04+/-0,114	1,353+/-0,137	1,393+/-0,137
α -terpinoleno	1087	1297	0,83+/-0,065	0,79+/-0,132	-	0,85+/-0,179
α -terpineno	1020	1178	0,703+/-0,186	0,727+/-0,079	0,86+/-0,447	0,99+/-0,042
4-terpineol	1187	0	0,587+/-0,226	0,67+/-0,089	-	0,373+/-0,037
Oxido de cariofileno	1595	1999	0,72+/-0,4	0,527+/-0,184	0,463+/-0,79	0,18+/-0,05
Hidrato de sabineno	1072	1467	0,49+/-0,236	0,473+/-0,117	-	-
p-cimeno	1028	1282	0,343+/-0,052	0,723+/-0,288	0,483+/-0,209	0,703+/-0,216
α -tujeno	928	1031	0,357+/-0,087	0,367+/-0,037	0,47+/-0,152	0,513+/-0,117
Linalool	1097	1551	0,243+/-0,087	0,177+/-0,037	0,11+/-0,474	0,11+/-0,025
(-)-Borneol	1180	1721	0,403+/-0,313	0,21+/-0,301	0,383+/-0,315	-
Triciclono	926	1007	0,233+/-0,079	0,267+/-0,037	0,297+/-0,169	0,393+/-0,094
Sabineno	976	1111	0,14+/-0,05	0,117+/-0,03	0,17+/-0,132	0,073+/-0,159
2,4(10)-tujadieno	958	1117	0,105+/-0,052	0,133+/-0,015	0,12+/-0,035	0,18+/-0,042
Isopinocanfona	1184	0	-	0,113+/-0,037	-	-
Monoterpenos %			41,133+/-7,41	42,657+/-1,898	49,917+/-17,615	58,647+/-4,526
Monoterpenos oxigenados %			47,28+/-6,27	46,593+/-2,211	39,177+/-4,983	35,767+/-3,346
Sequiterpenos%			10,723+/-3,368	10,083+/-1,866	7,483+/-6,426	5,377+/-1,13
Sequiterpenos oxigenados%			0,72+/-0,4	0,527+/-0,184	0,463+/-0,79	0,18+/-0,05

Fuente: Elaboración propia

Al realizar las pruebas de Shapiro-Wilk se determinó que los datos cuentan con una distribución normal. Luego, al comparar las medias de los % Área, se determinó las diferencias de las medias se evidencia que los resultados de presencia del α -pineno aumentan significativamente al extraer el aceite en el

equipo prototipo, la cual se hace más notable con el material vegetal de 24 meses, sin embargo al realizar la prueba T, el aceite del material vegetal de 6 meses extraído en el prototipo cuenta con intervalos de confianza muy amplios, así asumir que sus medias son iguales la hace una valoración muy imprecisa.

Comparación del % área del alcanfor

En la Figura 5 se encuentra la distribución de los datos obtenidos al analizar los aceites

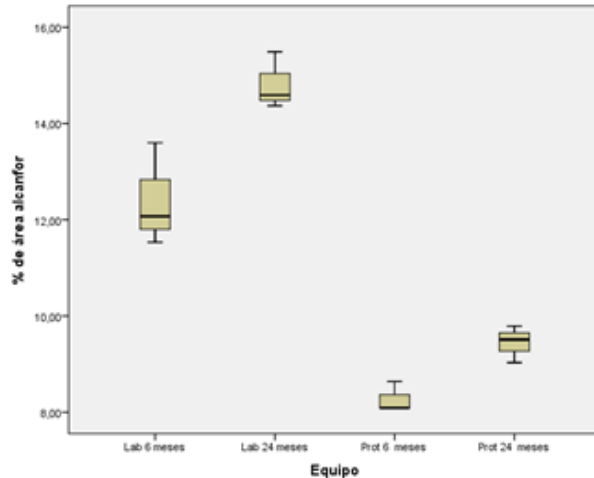


Figura 5. Diagrama de cajas % Área alcanfor vs Equipo

Fuente: Elaboración propia

Al realizar las pruebas estadísticas se determinó que los datos obtenidos en los aceites extraídos en el prototipo con material vegetal de 6 meses no cuentan con una distribución normal, contrario a los datos de los demás aceites analizados. Al realizar las comparaciones con prueba de Mann-Whitney y prueba T respectivamente, se evidencia que la hipótesis nula debe ser rechazada, pues las medias no son iguales en ninguna de las comparaciones. Sin embargo, al revisar los datos se puede concluir que en las plantas de mayor edad se obtiene una mayor presencia en comparación a la de 6 meses; sin embargo, en la extracción en el prototipo, la presencia descende con respecto a lo extraído en laboratorio.

Comparación del % área del β -cariofileno

En la Figura 6 se encuentra la distribución de los datos obtenidos y al analizar los resultados, se observó que los aceites de material vegetal de 24 meses cuentan con presencia muy baja de β -cariofileno comparada con los aceites

extraídos de plantas de 6 meses de edad, pero también se evidencia que los aceites extraídos en el prototipo también bajan dicha concentración relativa. Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk se estimó que el grupo de datos de Laboratorio 24 meses y prototipo 6 meses, no contaban con una distribución normal y al realizar las comparaciones con prueba de Mann-Whitney y prueba T, se observó que en las medias %Área en las extracciones de material vegetal de 6 meses y 24 meses en el laboratorio se puede asumir que son iguales, pero no se puede decir lo mismo de los obtenidos en el prototipo. En cuanto a los aceites de prototipo y laboratorio de 6 meses las medias de los % de área de β -cariofileno se asumen iguales; contrario a los de 24 meses.

Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk se determinó que todos los datos cuentan con una distribución normal excepto los obtenidos del aceite del material vegetal de 6 meses extraído en el prototipo. Al hacer los cálculos estadísticos, se obtuvo que las comparaciones de casi todos los aceites no presentan datos similares que puedan dar alguna conclusión; sin embargo, la comparación de la presencia de Acetato de bornilo en los aceites de material vegetal de 6 meses de edad extraídos en los dos equipos si se puede asumir que cuentan con medias iguales.

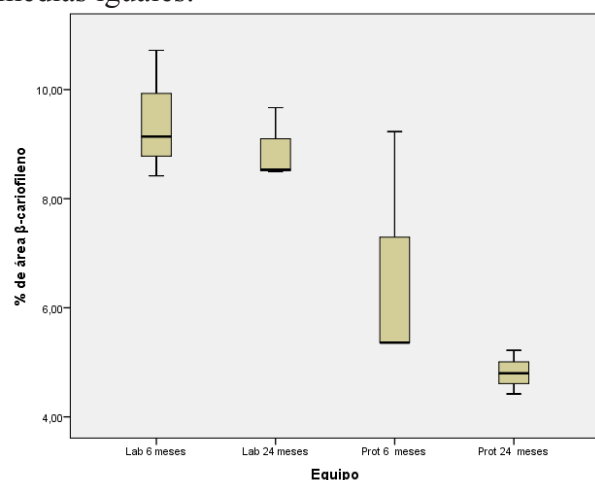


Figura 6. Diagrama de cajas % Área β -cariofileno vs Equipo

Fuente: Elaboración propia

Comparación del % área del acetato de bornilo

En la Figura 7 se encuentra la distribución de los datos obtenidos. Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk se determinó que todos los datos cuentan con una distribución normal excepto los obtenidos del aceite del material vegetal de 6 meses extraído en el prototipo.

Al hacer los cálculos estadísticos, se obtuvo que las comparaciones de casi todos los aceites no presentan datos similares que puedan dar alguna conclusión; sin embargo, la comparación de la presencia de Acetato de bornilo en los aceites de material vegetal de 6 meses de edad extraídos en los dos equipos si se puede asumir que cuentan con medias iguales.

Para los aceites de material vegetal de 24 meses se evidencia una presencia más baja de Acetato de bornilo comparado con los aceites extraídos de plantas de 6 meses de edad, pero también se evidencia que los aceites extraídos en el prototipo hacen que la concentración relativa de este compuesto disminuya.

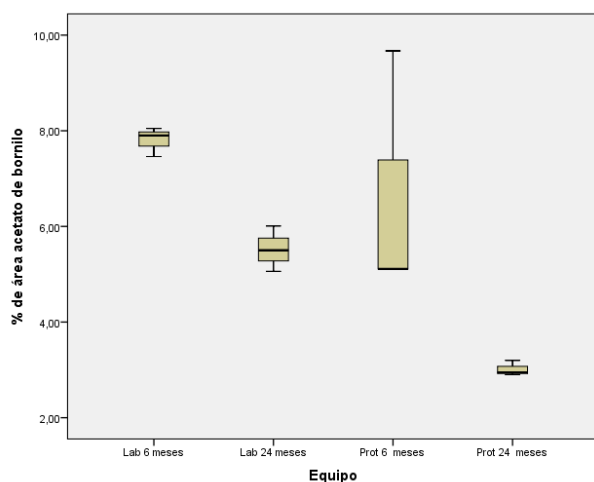


Figura 7. Diagrama de cajas % Área acetato de bornilo vs Equipo.

Fuente: Elaboración propia

Comparación del % área del canfeno

En la Figura 8 se encuentra la distribución de los datos obtenidos, que al analizarlos se obtuvo que los aceites de laboratorio presentaron menor presencia de Canfeno en comparación con los extraídos en prototipo.

Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk se determinó que todos los datos cuentan con una distribución normal excepto los obtenidos del aceite del material vegetal de 24 meses extraído en el prototipo.

Al hacer los cálculos estadísticos para verificar si las medias se pueden asumir como iguales, en cada una de las comparaciones los aceites de laboratorio de material de 6 y 24 meses de edad pueden asumirse que cuentan con medias similares, al igual que los aceites de material de 6 meses extraído en los dos equipos, pero las demás comparaciones no cuentan con similitudes en sus medias.

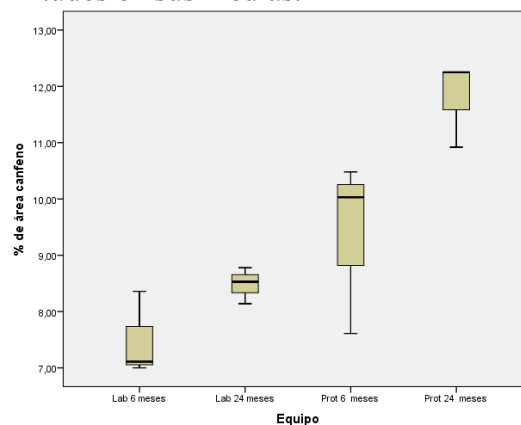


Figura 8. Diagrama de cajas % Área canfeno vs Equipo

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Al caracterizar el aceite de romero se observó que los compuestos mayoritarios son, eucaliptol, α -pineno, alcanfor, β -cariofileno, acetato de bornilo, canfeno, β -pineno, limoneno, felandreno y γ -terpineno además, se determinó

que el %área de estos varió en menor medida de acuerdo a la edad del material vegetal expuesto a la extracción y de acuerdo al equipo utilizado.

Para el aceite extraído con el prototipo usando el material vegetal de 6 meses de edad, se obtuvo una mayor presencia de eucaliptol, al igual que lo obtenido en el laboratorio, lo cual se corroboró al hacer un análisis estadístico donde se observó que los datos obtenidos generaron medias similares en los dos equipos, al igual que en el material vegetal de 24 meses de trasplantado. En el caso de α -pineno se observó que en el prototipo para el material vegetal de 24 meses de edad, se obtiene una mayor presencia en comparación con lo obtenido en el laboratorio, dando una diferencia entre los dos métodos, la cual se repite con el aceite extraído de material de 6 meses, aunque estadísticamente sus medias se pueden considerar iguales.

Para los demás compuestos mayoritarios, la comparación entre los dos equipos con material de 24 meses de trasplantado, generó diferencias en las medias de %área, especialmente en el alcanfor, β -careofileno y acetato de bornilo, en donde se obtuvo disminución de la presencia en el aceite esencial. Pero en los aceites esenciales de material de 6 meses de edad, a pesar que no se logre determinar diferencias en sus medias, se identifica una leve baja en la presencia de los mismos compuestos. En el caso del canfeno, β -pineno y limoneno se ven también diferencias pero en el aumento de la presencia de estos en los aceites extraídos en el prototipo.

Si bien es cierto que la comparación individual de los porcentajes de áreas de los compuestos según su tratamiento no es posible determinar diferencias significativas, estas diferencias recaen en la composición del aceite respecto a los monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos de los tratamientos en el laboratorio a seis y 24 meses, frente al tratamiento del prototipo a esas mismas edades, siendo siempre más altos los del laboratorio, sin embargo el prototipo es un

bueno herramienta para que los pobladores del municipio de Guasca, Cundinamarca Colombia, puedan comercializar su aceite en mediana escala por medio de este prototipo ya que se ahorrarían múltiples destilaciones al usar un equipo más pequeño, el de vidrio. Conociendo la composición química de este aceite se sugiere que este puede ser aprovechado como fragancia o perfume tanto para el cuidado del hogar, la industria cosmética y alimenticia.

Agradecimientos

Al grupo de investigación Sistemas Integrales de Producción Agrícola y forestal- SIPAF- de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, liderado por el Profesor Asociado Dr. Jairo Leonardo Cuervo Andrade, al investigador Asociado Dr. Oscar Javier Patiño Ladino perteneciente al grupo de investigación Estudio Químico y de actividad biológica de Rutáceas y Myristicaceas Colombianas de la facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, a la Profesora Asistente Juliet Angélica Prieto Rodríguez del Departamento de Química de la Pontificia Universidad Javeriana, a las entidades financiadoras del convenio derivado uno del Corredor Tecnológico Agroindustrial Bogotá Cundinamarca.

Referencias

- Adams, R. (1995). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*. Carol Stream, Illinois: Allured Publishing Corporation.
- Angioni, A., Barra, A., Cereti, E., Barile, D., Coisson, J., Arlorio, M.,... Cabras, P. (2004). Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (11), 3530-3535. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf049913t>

- Avendaño, E. (2016). *Reporte de resultados*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., & Bessiere, J. M. (2003). Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 481-484. <http://naturalingredient.org/wp-content/uploads/rosemary-extract-distillation.pdf>
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis L.* and *Salvia officinalis L.*, *Lamiaceae*) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (55), 7879-7885. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0715323>
- Castañó, H., Ciro, G., Zapata, J., & Jiménez, S. (2010). Actividad bactericida del extracto etanólico y del aceite esencial de hojas de *Rosmarinus officinalis L.* sobre algunas bacterias de interés alimentario. *Vitae*, 17(2), 149-154. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae/article/viewFile/6334/5835>
- Castellanos, F., Villamil, A., & López, C. (2007). Biotransformación de a-pineno empleando *aspergillus niger*. *Scientia et Technica*, 1(33), 71-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903317>
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio*, 7(12), 149-155.
- Chen, W. V. I. (2013). Camphor-a fumigant during the Black Death and a coveted fragrant wood in ancient Egypt and Babylon-a review. *Molecules*, 18(5), 5434-5454 [doi:10.3390/molecules18055434](https://doi.org/10.3390/molecules18055434)
- Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V., & Ferraro, G. (2003). Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 29(3), 421-426.
- da Rocha, R., Melo, E., Corbín, J., Berbert, P., Donzeles, S., & Tabar, J. (2012). Cinética del secado de tomillo. *Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 6(16), 675-683. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600013>.
- Díaz-Maroto, M., Pérez-Coello, M., Sánchez-Palomo, E., & González-Viñas, M. (2007). Impact of drying and storage time on sensory characteristics of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Journal of Sensory Studies*, 22 (1), 34-48. [doi:10.1111/j.1745-459X.2007.00093.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00093.x)
- Doymaz, I. (2007). The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of food engineering*. 1(79), 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.049>
- García, A., & Pérez-Urria, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología) Serie Fisiología Vegetal* 2(3), 119-145.
- Hendel, N., Larous, L., & Belbey, L. (2016). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) and its in vitro inhibitory effect on *Penicillium digitatum*. *International Food Research Journal*, 23(4), 1725-1732.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Chatha, S. A., Jabbar, A., Mahboob, S., & Nigam, P. S.

- (2010). Rosmarinus officinalis essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4), 1070-1078. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822010000400027>
- Isman, M., Wilson, J., & Bradbury, R. (2008). Insecticidal Activities of Commercial Rosemary Oils (*Rosmarinus officinalis*) Against Larvae of *Pseudaletia unipuncta* and *Trichoplusia ni* in Relation to Their Chemical Compositions. *Pharmaceutical Biology*, 46(1-2), 82-87. <https://doi.org/10.1080/13880200701734661>
- Jennings, W., & Shibamoto, T. (1980). *Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography*. New York: Academic Press.
- Katerinopoulos, H. E., Pagona, G., Afratis, A., Stratigakis, N., & Roditakis, N. (2005). Composition and insect attracting activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 31(1), 111-122.
- Koschier, E. H., & Sedy, K. A. (2003). Labiate essential oils affecting host selection and acceptance of Thrips tabaci Lindeman. *Crop protection*, 22(7), 929-934. [http://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00092-9](http://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00092-9)
- Lemes Hernandez, C. M., Rodríguez Ferrada, C. A., & Acosta de la Luz, L. (2001). Multiplicación Vegetativa de *Rosmarinus officinalis* L.(Romero). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 6(3), 79-82.
- Miladi, H., Slama, R. B., Mili, D., Zouari, S., Bakhrouf, A., & Ammar, E. (2013). *Essential oil of Thymus vulgaris L. and Rosmarinus officinalis L.: Gas chromatography-mass spectrometry analysis, cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens*. *Natural Science*, 5(6), 729-739. doi:10.4236/ns.2013.56090
- Miresmailli, S., Bradbury, R., & Isman, M. B. (2006). Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest management science*, 62(4), 366-371. doi:10.1002/ps.1157
- Müller, J., & Heindl, A. (2006). Drying Of Medicinal Plants. En R. Bogers, L. Craker, & D. Lange, (Ed.). *Medicinal and Aromatic Plants* (pág. 237). Netherlands: Springer.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource technology*, 101(1), 372-378. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.048>
- Papachristos, D. P., & Stamopoulos, D. C. (2002). Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products research*, 38(2), 117-128. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00007-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00007-8)
- Plaza, V., Serrano, J., Picado, C., Cosano, J., Ancochea, J., de Diego, A.,... Sanchis, J. (2003). Características clínicas de las crisis de asma de riesgo vital en los pacientes sensibilizados a *Alternaria alternata*. *Medicina clínica*, 121(19), 721-724. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(03\)74076-7](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(03)74076-7)

- Prajapati, V., Tripathi, A. K., Aggarwal, K. K., & Khanuja, S. P. (2005). Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresource technology*, 96(16), 1749-1757. doi: 10.1016/j.biortech.2005.01.007
- Stashenko, E. (2009). *Aceites Esenciales*. Bucaramanga: CENIVAM.
- Yosr, Z., Hnia, C., Rim, T., & Mohamed, B. (2013). Changes in essential oil composition and phenolic fraction in *Rosmarinus officinalis L.* var. *typicus* Batt. organs during growth and incidence on the antioxidant activity. *Industrial Crops and Products*, 43, 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.044>