

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERAS EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

TEMA:

**QUIMIO-BIODIVERSIDAD DE ACEITES ESENCIALES PRODUCIDOS DE
VARIEDADES HÍBRIDAS PROVENIENTES DE DIFERENTES TIPOS DE
ROSAS**

AUTORAS:

GINA VIOLETA JAMI TOAQUIZA

LARISSA ESTEFANÍA JARAMILLO CANDO

TUTOR:

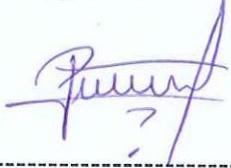
PACO FERNANDO NORIEGA RIVERA

Quito, julio del 2019

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “QUIMIO-BIODIVERSIDAD DE ACEITES ESENCIALES PRODUCIDOS DE VARIEDADES HÍBRIDAS PROVENIENTES DE DIFERENTES TIPOS DE ROSAS”, realizado por Gina Violeta Jami Toaquiza y Larissa Estefanía Jaramillo Cando, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2019



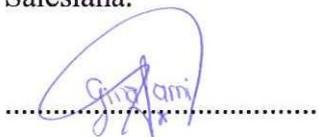
Paco Fernando Noriega Rivera

C.I. 0602421323

Cesión de derechos de autor

Nosotros Gina Violeta Jami Toaquiza, con documento de identificación N° 1721783379, y Larissa Estefanía Jaramillo Cando con documento de identificación N° 1400590616, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “QUIMIO-BIODIVERSIDAD DE ACEITES ESENCIALES PRODUCIDOS DE VARIEDADES HÍBRIDAS PROVENIENTES DE DIFERENTES TIPOS DE ROSAS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Gina Violeta Jami Toaquiza

Cédula: 1721783379

Fecha: Julio, 2019



Nombre: Larissa Estefanía Jaramillo Cando

Cédula: 1400590616

Fecha: Julio, 2019

Dedicatoria

A Dios por guiar y bendecir mi vida, por ayudarme a superar todas las adversidades
y permitirme concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres, Cristóbal y Elva por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi
vida, por ayudarme alcanzar una meta más y motivarme a siempre ser mejor.

A mis hermanas, a Silvia por confiar en mí y apoyarme cuando más lo necesité, por
alentarme cada día a ser mejor y a Nury por compartir mis aficiones que nos llenan
de alegría cada día “I purple u”.

A mi sobrina Emy, por brindarme sonrisas y cariño sincero.

A mi personita especial, Laura Galindo Gutiérrez, gracias por estar en todo
momento, por siempre anhelar lo mejor en mi vida, la distancia no es impedimento
para nuestra amistad, te quiero por montones hermosa.

A mi felicidad de cada día, Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok,
Park Jimin, Kim Taehyung y Jeon Jungkook, gracias por ser las personas que más
han marcado mi vida, por ayudarme a no rendirme nunca, por enseñarme a que tengo
que seguir mis sueños y jamás desistir, son la razón de mi sonrisa.

*“The reason the night's expression can be this beautiful, is possibly because of us,
not those stars or shining lights”. BTS – 소우주(Mikrokosmos)*

Con cariño Gina

Dedicatoria

A Dios, por ser mi fuerza y mi esperanza en cada momento de mi vida.

*A mis queridos padres Fani y Galo por su inmenso amor, guía y apoyo
incondicional.*

*A mis abuelitos, en especial a mi Abuelita Julia, quien siempre será mi mejor
recuerdo de amor, de humildad y de fe.*

A mis hermanas Gaby e Isa, quienes han sido y serán mi ejemplo y mi fortaleza.

A mi sobrina Camila, quien saca lo mejor de mí, ¡te amo hasta la luna!

Con cariño Larissa

Agradecimiento

A la Universidad Politécnica Salesiana, que nos ha brindado un espacio de aprendizaje tanto profesional como moral.

A nuestro querido tutor PhD. Paco Noriega, por su dedicación, paciencia, tiempo, por compartir su conocimiento y guiarnos para la culminación de este proyecto de titulación.

A los docentes, PhD. Cristian Larenas por su colaboración en la interpretación de los resultados de la investigación realizada y a la MSc. Laura Huachi por su predisposición y asesoramiento en el proceso del trabajo de titulación.

A los asistentes de Laboratorio Ciencias de la Vida, en especial a la MSc. Carina Hidalgo, al Ing. Edison Osorio y al Ing. Byron Fuertes, por su colaboración y asistencia a lo largo de esta investigación.

A mis amigos, especialmente a Esteban Rojas, Pamela Logroño, Johana Lozano, Belén Montaluisa, Johana Andrade, Adriana Mogrovejo, Didi Paucar y Lis Molina; gracias por su valiosa amistad y por haber compartido los mejores momentos en esta etapa universitaria. ¡Arriba la guayusa!

Larissa

A mis queridos amigos, Diego Guzmán, Dominic Valencia y Marco Zambrano, gracias por su amistad y apoyo incondicional en esta etapa universitaria, personas extraordinarias que tuve la dicha de conocer y compartir hermosos momentos, son los mejores, amigos que valen la pena, los de verdad.

Gina

Índice

Introducción	1
Capítulo 1	4
1. Marco Teórico	4
1.1 Rosa	4
1.1.1 Historia.....	4
1.2 Características generales de variedades de rosas.....	5
1.2.1 Rosa Arbustiva	5
1.2.2 Rosa Bourbon.....	5
1.2.3 Rosa Damascena	5
1.2.4 Rosa Damask Perpetual.....	6
1.2.5 Rosa Floribunda	6
1.2.6 Rosa Gallica	7
1.2.7 Rosa Grandiflora	7
1.2.8 Rosa Híbrido Perpetuo	7
1.2.9 Rosa Musgoso	8
1.2.10 Rosa Trepadora	8
1.3 Distribución de las rosas.....	8
1.4 Características de cultivo de variedades de rosas.....	9
1.4.1 Condiciones de suelo.....	9
1.4.2 Condiciones de temperatura.....	9
1.4.3 Condiciones de luminosidad y humedad.....	9

1.4.4	Ciclo de cultivo	10
1.4.4.1	Propagación de la rosa.....	10
1.4.4.2	Cultivo de la rosa.....	10
1.4.4.3	Cosecha de la rosa	11
1.5	Hibridación en rosa	11
1.6	Aceite esencial.....	12
1.7	Principales componentes químicos del aceite esencial de rosas	12
1.8	Rendimiento de aceite esencial de rosa	12
1.9	Importancia económica del aceite esencial de rosas	13
1.10	Aplicación en la industria.....	13
1.10.1	Actividad antioxidante	14
1.10.2	Actividad antibacteriana.....	14
1.11	Métodos de extracción de aceites esenciales.....	15
1.12	Determinación de la composición química de aceites esenciales	17
1.12.1	Cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS).....	17
1.13	Índice de Kovats	18
1.14	Quimio-biodiversidad.....	18
Capítulo 2	.....	20
2. Metodología	.....	20
2.1	Obtención del material vegetal	20
2.2	Hidrodestilación para la obtención del aceite esencial.....	20
2.3	Obtención del rendimiento	21

2.4	Análisis e identificación de los aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS).....	22
2.4.1	Condiciones del cromatógrafo de gases.....	22
2.4.2	Condiciones del espectrómetro de masas.....	22
2.5	Identificación de compuestos	22
2.6	Análisis estadístico	23
Capítulo 3	.....	25
3. Resultados y discusión	.....	25
3.1	Rendimiento de los aceites esenciales de variedades de rosas híbridas	25
3.2	Análisis cualitativo y cuantitativo de los aceites esenciales de las variedades de rosas mediante GC-MS.....	27
3.3	Análisis estadístico	33
Conclusiones	.....	42
Recomendaciones	.....	44
Referencias Bibliográficas	.....	46
Anexos	.....	57

Índice de tablas

Tabla 1. Resultado de rendimiento de los aceites esenciales de variedades de rosas	25
Tabla 2. Porcentaje de los principales componentes químicos de los aceites esenciales de las variedades de rosas identificados por GC-MS.....	27
Tabla 3. Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 029 perteneciente al grupo “Arbustiva”	28
Tabla 4. Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 084 perteneciente al grupo “Arbustiva”	29
Tabla 5. Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 031 perteneciente al grupo “Bourbon”	29
Tabla 6. Componentes químicos del aceite esencial de la variedad <i>Rosa damascena</i>	30
Tabla 9. Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 043 perteneciente al grupo “Híbrido Perpetuo”	32
Tabla 10. Datos de rendimiento y composición química del aceite esencial de las variedades de rosas utilizados en el análisis estadístico.....	33
Tabla 11. Datos agrupados de acuerdo con el análisis de componentes principales de los aceites esenciales de las variedades de rosas.....	35

Índice de figuras

Figura 1. Método de destilación por arrastre de vapor	21
Figura 2. Análisis Multivariado de Componentes Principales del aceite esencial obtenido de las 7 mejores variedades de rosas, agrupada en función a su composición química (Citronelol, Geraniol, Nerol y Fenil etil alcohol).....	34
Figura 3. Análisis del rendimiento del aceite esencial de los grupos formados mediante PCA de las variedades de rosas. A: Arbustivas (A 084 y A 029); B: Bourbon (A 031) y Damascena (DAM); C: Musgoso (A 038); D: Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043).	39
Figura 4. Relación de los componentes principales (Nerol, Geraniol, Citronelol, Fenil etil alcohol) por el rendimiento del aceite esencial de rosas de los grupos formados mediante PCA. A: Arbustivas (A 084 y A 029); B: Bourbon (A 031) y Damascena (DAM); C: Musgoso (A 038); D: Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043)..	41

Índice de anexos

Anexo 1. Cultivos de rosas de la Florícola San Luis	57
Anexo 1.1 Material vegetal fresco	57
Anexo 2. Proceso de hibridación en <i>Rosa</i>	58
Anexo 3. Pesaje del material vegetal variedad A 046	59
Anexo 4. Equipo de cromatografía de gases acoplado a masas (GC-MS)	59
Anexo 5. Cromatogramas de gases de los aceites esenciales de las variedades de Rosas	60

Resumen

La extracción del aceite esencial de rosa tiene una importancia económica significativa a nivel global, debido a su potencial farmacéutico y cosmético. El Ecuador brinda características óptimas para iniciar procesos extractivos a gran escala que beneficiarían tanto a productores y trabajadores. La presente investigación valoró la calidad cualitativa y cuantitativa en diversos cultivares de rosas productoras de aceite, entre las que destacamos: Damascena, Bourbon, Arbustiva, Musgoso, Floribunda e Híbrido Perpetuo, y sus respectivas variedades.

Para la extracción de los aceites esenciales se empleó la técnica de hidrodestilación. La determinación de los componentes se efectuó por la técnica de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas.

Los resultados más destacados tanto en rendimiento de aceite, como en su composición química se determinaron en las siguientes variedades: Damascena (variedad DAM), Bourbon (variedad A 031) y Arbustiva (variedades A 029 y A 084). Todos estos aceites tienen rendimientos entre 0,050 % y 0,055 %, y se observaron elevadas concentraciones de las siguientes moléculas: citronelol, geraniol, nerol y fenil etil alcohol, que son aquellas que determinan la calidad del aceite de Rosa. Las esencias de las variedades DAM y A 031, cumplieron con lo determinado en la normativa ISO 9842 para la calidad de aceite de rosa.

Esta investigación evidencia la viabilidad de obtener una buena calidad de aceites de Rosa y pensar en la implementación de una industria nacional con esta finalidad.

Palabras clave: aceite esencial, hidrodestilación, cromatografía gaseosa.

Abstract

The extraction of rose essential oil has a significant economic importance on a global level, due to its pharmaceutical and cosmetic potential. Ecuador provides optimal characteristics to initiate large-scale extractive processes that would benefit both producers and workers. The present investigation evaluated the qualitative and quantitative quality in several cultivars of oil producing roses, among which we highlight: Damascena, Bourbon, Shrubs, Moss, Floribunda and Hybrid Perpetual, and their respective varieties.

For the extraction of essential oils was used the hydrodistillation technique. The determination of the components was carried out by the gas chromatography technique coupled to mass spectrometry.

The most outstanding results in both oil yield and chemical composition were determined in the following varieties: Damascena (variety DAM), Bourbon (variety A 031) and Shrubs (varieties A 029 and A 084). All these oils have yields between 0,050 % and 0,055 %, and high concentrations of the following molecules were observed: citronellol, geraniol, nerol and phenyl ethyl alcohol, which are those that determine the quality of Rose oil. The essences of the varieties DAM and A 031, fulfilled with the determinate in the norm ISO 9842 for the quality of rose oil.

This research demonstrates the feasibility of obtaining a good quality of Rosa's oils and thinking about the implementation of a national industry for this purpose.

Key words: essential oil, hydrodistillation, gas chromatography.

Introducción

Desde la antigüedad, el hombre ha prestado atención a los componentes químicos provenientes de plantas presentándolos como principios aromáticos o especies de gran complejidad en su composición (Piedrasanta, 2007), capaces de sintetizar una variedad abrumadora de pequeñas moléculas orgánicas llamadas metabolitos secundarios, generalmente con estructuras de esqueleto de carbono muy complejas y únicas; estas sustancias se han utilizado en beneficio de la humanidad durante muchos años (Pino, Sánchez, & Rojas, 2013). En la actualidad, el estudio del “aceite esencial” ha generado interés debido a su quimio-diversidad y a su importancia biológica; utilizándolos como materia prima para la industria de fragancias, cosméticos, sabores y medicina (Piedrasanta, 2007).

La rosa es un cultivo económicamente trascendente como fuente de aceites esenciales para la industria de la perfumería y fragancias. La producción de su aceite esencial ha generado interés por sus múltiples compuestos como alcoholes monoterpénicos acíclicos (citronelol, geraniol y nerol), así como también alcohol aromático, fenil etil alcohol e hidrocarburos de cadena larga (Kumar R. , Sharma, Sood, & Agnihotri, 2015), considerándolo como un valioso agente natural. Seify, Yadegary & Pirbalouti, (2018) menciona que el aceite esencial de *Rosa damascena* posee propiedades medicinales como anti-VIH, antibacteriano, antiséptico, antioxidante, antiviral, afrodisíaco, antitusivo, hipnótico y antidiabético, efectos relajantes en las cadenas traqueales y un tónico para el corazón, el hígado, el estómago y el útero.

Los dos más grandes productores de aceite esencial de rosa, en el mundo son: Turquía y Bulgaria, que producen aproximadamente 1,5 – 2 Tn y 1 – 1,5 Tn de aceite de rosa respectivamente; los pétalos de rosa generalmente contienen muy poco aceite esencial,

se obtiene 1 kg de aceite de rosas a partir de 3000 – 4000 kg de pétalos de rosa; con un rendimiento de 0,03 – 0,04 %; teniendo un costo de \$ 5750 – 6000 por 1 kg de aceite de rosas (Baydar, 2006). Por esta razón, el aceite esencial de rosa es uno de los más caros en los mercados mundiales y de mayor importancia económica (Kovacheva, Rusanov, & Atanassov, 2010).

Las condiciones climáticas del Ecuador se caracterizan por microclimas que permiten el desarrollo de una variedad importante de rosas debido a su ubicación geográfica en la línea equinoccial, favoreciendo la constitución fenotípica del producto: tallos largos, gran tamaño del botón, colores intensos, cualidades que han provisto al producto ecuatoriano de una diferenciación competitiva, con respecto a otros países productores, generando un gran potencial en el sector florícola (Gómez & Egas, 2014). Las zonas en las que se encuentran la mayor producción es el sector de la sierra ecuatoriana. Pichincha es una de las provincias a nivel nacional que se destaca por su excelencia florícola teniendo un 62 % en la participación de la producción ecuatoriana (Cabrera, 2011). Los mayores centros de producción de rosas son Tabacundo y Cayambe, sitios que alcanzan los 2800 y 2900 metros sobre el nivel del mar. Donde la iluminación del sol es mayor (por la zona ecuatorial) y la temperatura es estable durante todo el año, condiciones que mejoran la calidad de la rosa (Bravo & Flores, 2007).

Sin embargo, la producción florícola en Ecuador se centra en flores con finalidades ornamentales, no se tiene ninguna experiencia de realidades productivas en rosas productoras de aceites esenciales, a pesar de las buenas características del país para iniciar con una explotación de estas variedades. Además, que países como Turquía y Bulgaria, que son los principales productores de aceite esencial de rosas, tienen como limitante su estacionalidad, lo que conlleva a tan solo una cosecha anual de rosas que va desde mayo a junio (Baydar & Baydar, 2013). Condición de la cual Ecuador podría

sacar provecho por su privilegiada ubicación, duplicando su producción, llegando a ser un ente de competencia a nivel mundial.

Por esto el presente estudio tiene como objetivo general “evaluar la quimio-biodiversidad de aceites esenciales producidos de variedades híbridas provenientes de diferentes tipos de rosa” y como objetivos específicos “caracterizar el rendimiento de los aceites esenciales provenientes de las siguientes variedades de rosa aromática: Arbustiva, Bourbon, Damascena, Damask perpetual, Floribunda, Gallica, Grandiflora, Híbrido perpetuo, Musgoso y Trepadora ” y “determinar la composición química de los aceites esenciales obtenidos de diferentes variedades híbridas de rosa, mediante cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS)”.

Capítulo 1

1. Marco Teórico

1.1 Rosa

1.1.1 Historia

La evidencia histórica del cultivo de la rosa se remonta a 5000 años atrás en China, Asia occidental y el norte de África. Se cree que los primeros actos de domesticación y multiplicación de especies que se encuentran en la naturaleza dieron lugar a híbridos de rosa interespecíficos espontáneos (Leus, Van Laere, De Riek, & Van Huylenbroeck, 2018). Estos cultivos se expandieron, llegando a la India, Persia, Grecia, Italia y España (Yong, 2004).

La rosa se convirtió en la flor más popular del mundo a principios del siglo XIX, cuando la emperatriz Josefina de Francia diseñó los famosos jardines de rosas en el palacio de Malmaison con diferentes variedades de rosas (Yong, 2004).

El género *Rosa* pertenece a la familia de las Rosáceas y consta de más de 100 especies, divididas en cuatro subgéneros: *Hulthemia* Dumort (Focke), *Rosa* Focke, *Hesperhodos* Cockerell y *Platyrhodon* (Hurst) Rehder. En total, el 95 % de las especies se encuentran en el subgénero *Rosa*, que se divide en 10 secciones (Leus, Van Laere, De Riek, & Van Huylenbroeck, 2018).

Además de la clasificación botánica, las rosas cultivadas se agrupan frecuentemente según su clasificación hortícola. La clasificación hortícola se basa en el hábito de la planta, la floración y la forma y el color de la flor. Los cultivares se clasifican como Té Híbrido (una flor), Floribunda (racimo de flores grandes), Polyantha (racimo de flores pequeñas) y rosas en miniatura. La mayoría de los cultivares de rosas cortadas

son téis híbridos, mientras que las rosas de jardín son a menudo del tipo Floribunda. Los grupos originales de clases de horticultura incluían Rosas de Bourbon, Rosas de Portland, Híbridos Perpetuos, Rosas de Noisette, Rosas de Té, entre otros (Leus, Van Laere, De Riek, & Van Huylenbroeck, 2018). En su gran mayoría las rosas son arbustos globosos erguidos según la especie de tamaño bajo o mediano con tallos espinosos que varían de color, se producen por medio de semillas, gajos, acodos y divisiones (Murillo, 2014).

1.2 Características generales de variedades de rosas

1.2.1 Rosa Arbustiva

Pertenecen al grupo de las rosas modernas (Barrera, Cabrera, García, Espinoza, & Granda, 2007). Es de origen europeo (Cairns, 2003). Esta clase de rosas pueden definirse en base a su tipo de crecimiento, su pedigrí no es simple y único (Vukosavljev, y otros, 2013). Tienden a ser robustas, lo que las hace adecuadas para bordes o coberturas (Vukosavljev, y otros, 2013).

1.2.2 Rosa Bourbon

La Rosa Bourbon al igual que los rosales musgosos pertenecen a la clase de rosas antiguas; la primera apareció a principios de 1800 en la Isla de Bourbon, en el océano Índico (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vásquez, 2014). Probablemente se desarrollaron de un cruce entre la rosa China y Autumn Damask; son arbustos vigorosos con follaje brillante que florecen repetidamente (Vukosavljev, et al., 2013).

1.2.3 Rosa Damascena

Rosa damascena Miller es considerada como una de las mejores especies para la producción de aceite de rosa (Kürkçüoğlu, Megeed, & Başer, 2013). Es un híbrido

derivado de *Rosa gallica* L. y *Rosa moschata* Herrmann (Nasery, Hassanzadeh, Najaran, & Emani, 2016). Se conoce comúnmente como la rosa de Damasco (Damask rose) y es importante dentro de los rosales antiguos (Khosh, 2014). Se originó en Anatolia, llamada también Asia menor, ocupada actualmente por la parte asiática de Turquía (Nedeltcheva, Stoicheva, & Antonov, 2017). Es un arbusto caducifolio que crece hasta 2,2 m de altura, está cubierto de espinas y tallos altos recurvados o erectos (Khosh, 2014). La inflorescencia suele ser de muchas flores, corimbiforme o corimbiforme paniculada. Las flores pueden ser solitarias, raramente en dos o tres, en pedúnculos gruesos glandulares de 2-3 cm de largo, el cáliz es redondo a forma de pera. Los pétalos aterciopelados son de color rosa a púrpura, de 2-3 cm de largo y ancho (Nasery, Hassanzadeh, Najaran, & Emani, 2016). Las hojas son generalmente de color gris-verde, su forma es ovalada y dentada; estas crecen juntas en el tallo de la hoja (Khosh, 2014).

1.2.4 Rosa Damask Perpetual

Las Rosas Perpetuas de Damasco son parte de las rosas antiguas, resistentes a las plagas; aportan fragancia, vigor y una larga estación de floración al borde mixto. Esta rosa compacta tiene flores fragantes de color rojo fucsia llenas de pétalos que se desvanecen a púrpura a medida que envejecen; crece hasta 1,22 m de alto y 0,91 m de ancho, y florece desde la primavera hasta el otoño (The Plant Guide, 2019).

1.2.5 Rosa Floribunda

Pertencen a la clase de rosas modernas. En 1907 el criador danés Dines Poulsen introdujo rosas floribunda como resultado de cruces entre Polyantha e Híbridos de Té (Vukosavljev, y otros, 2013). Generalmente son arbustos vigorosos, que van desde los 50 cm de altura hasta 1 m y florecen de verano a otoño, presentan mayor resistencia a

las enfermedades que los Híbridos de Té, su resistencia al frío varía (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vásquez, 2014).

1.2.6 Rosa Gallica

Es una especie de rosa nativa del sur y centro de Europa, hacia el este a Turquía y el Cáucaso y en Irak (Vukosavljev, y otros, 2013). Es un antiguo grupo de arbustos caducifolios de hasta 1 m de alto; con tallos erectos, flexibles, ascendentes, de color verde o rojizo con espinas; sus hojas son pinnadas de color verde azulado, haz áspera y lustrosa, y envés pubérulo, simple o doblemente aserrados, con dientes frecuentemente glandulosos y ciliados (Khosh, 2014).

1.2.7 Rosa Grandiflora

Rosa Grandiflora pertenecen al grupo de rosas modernas. En 1954, se introdujo la rosa, derivado del cruce entre Floribunda e Híbrido de Té (Vukosavljev, y otros, 2013). Las Grandifloras reúnen las mejores características de sus cruces, destacando su crecimiento alto (hasta 1,80 m) y vigoroso; así como los colores anaranjados, la textura de sus pétalos y la duración de las flores (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vásquez, 2014).

1.2.8 Rosa Híbrido Perpetuo

Pertenecen a la clase de rosas antiguas, poseen una gran descendencia, entre ellas de *Rosas Bourbons* e Híbridos de Tés (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vásquez, 2014). Se describen como cultivares de una sola floración o floración repetitiva con tendencia a la floración masiva de primavera; los colores de sus flores varían entre blanco, rosa y rojo (Vukosavljev, et al., 2013).

1.2.9 Rosa Musgoso

Este grupo de rosales pertenecen a la clase de rosas antiguas (Vukosavljev, et al., 2013). Históricamente, las primeras rosas de musgo se obtuvieron por una mutación de *R. × centifolia* aunque algunos autores franceses e ingleses afirman que las rosas de musgo se conocían antes del siglo XVIII, la primera referencia clara e indiscutible a una rosa de musgo es la de Boerhaave en 1720 (citado por Hurst y Breeze, 1922) que describió a "Rosa rubra plena, spinosissima, pedunculo muscoso", ahora conocido como *Rosa × centifolia* muscosa (Caissard, Bergougnoux, Martin, Mauriat, & Baudino, 2006). Poseen glándulas alargadas y semejante a pelos en los sépalos, pareciendo que los capullos y otras partes de la vegetación están recubiertas de una vegetación musgosa (Buczacki, 1996).

1.2.10 Rosa Trepadora

Pertenecen al grupo de las rosas modernas. Su origen es europeo (Cairns, 2003). En muchos casos son resultado de mutaciones espontáneas (Vukosavljev, y otros, 2013). Tienen ramas largas y rígidas, con flores en numerosos grupos a lo largo de los tallos (Avdic, Becic, Sarajlic, & Arar, 2016). La mayoría de las rosas trepadoras crecen entre 20 – 56 cm de altura. Se caracterizan por floración continua (Vukosavljev, y otros, 2013).

1.3 Distribución de las rosas

El género *Rosa*, pertenece a la familia de las Rosáceas (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vásquez, 2014), incluye 200 especies y más de 18000 cultivares (Najem, El Beyrouthy, Wakim, Neema, & Ouaini, 2011), principalmente de Asia, algunas nativas de América del Norte, Europa y el noroeste de África (Vukosavljev, y otros, 2013).

La rosa fue introducida al continente americano por hispanos y sajones, constituyendo uno de los productos de mayor crecimiento en varios países del continente, especialmente Estados Unidos, México, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Guatemala (Yong, 2004).

1.4 Características de cultivo de variedades de rosas

1.4.1 Condiciones de suelo

Generalmente las rosas pueden cultivarse con éxito en una amplia gama de suelos, pero lo hacen mejor en suelos bien drenados, frescos y arcillosos ricos en materia orgánica, para permitir la absorción de nutrientes (Baser & Arslan , 2014); con un pH del suelo de 6,0 – 6,5 (Baydar, 2006).

1.4.2 Condiciones de temperatura

Las temperaturas óptimas para el crecimiento de las rosas, son de 17 °C a 25 °C (Francisco, 2010), que influyen durante el período de florescencia para obtener mejores rendimientos del aceite esencial (Baser & Arslan , 2014). Con una temperatura mínima de 15 °C durante la noche y una máxima de 28 °C durante el día (Yong, 2004). El cultivo de rosa es muy sensible ante el cambio inadvertido de temperaturas, a valores superiores producen alteraciones fisiológicas negativas y a valores inferiores retrasa el crecimiento (Cañar, 2016).

1.4.3 Condiciones de luminosidad y humedad

La intensidad lumínica en las zonas ecuatoriales brinda ventaja a la producción en el cultivo de rosas (Cañar, 2016), a mayores niveles de iluminación y radiación, aumenta el rendimiento y la calidad del aceite esencial (Yong, 2004). Para que la rosa se desarrolle necesita diariamente de 16 h de luz (Cañar, 2016); una humedad relativa

(RH) entre 60 – 80 %, contribuyen al rendimiento de la rosa, así como la cantidad y calidad del aceite esencial (rica en monoterpenos) (Pal & Singh, 2013). Una concentración de CO₂ en el aire de 1200 ppm, aumentan la producción y calidad en el rosal (Yong, 2004); el porcentaje de O₂ en el suelo de 10 a 21 % y una conductividad eléctrica por debajo de 0,9 mΩ/cm (Calvache, 2010).

1.4.4 Ciclo de cultivo

1.4.4.1 Propagación de la rosa

La rosa se propaga vegetativamente a través de estacas o esquejes (Baser & Arslan , 2014). Las industrias de perfumería y cosmética procuran obtener una calidad constante del aceite esencial de rosa (Pal & Singh, 2013), por lo tanto, es un método vital y único para producir material de siembra de mayor eficiencia y genéticamente idéntico (Ginova, Tsvetkov, & Kondakova, 2012).

Éstas deben ser seleccionadas de vástagos florales desarrollados (Francisco, 2010), la longitud de las estacas va desde los 20 hasta 25 cm y con un diámetro de 0,7 a 1,25 cm (Pal & Singh, 2013)

1.4.4.2 Cultivo de la rosa

El suelo debe tener reserva de agua antes de la plantación, evitando la deshidratación de las plantas; estructura granular y textura media, perfecto drenaje, buena aireación y nivel nutricional (Francisco, 2010). Las parcelas donde se plantan los rosales deben tener suficiente profundidad, al menos de 40 – 50 cm (Baser & Arslan , 2014), evitando que las raíces queden dobladas o en contacto con él exterior (Yong, 2004).

1.4.4.3 Cosecha de la rosa

El período de cosecha es corto y depende de las condiciones meteorológicas imperantes (Pal & Singh, 2013).

En condiciones nubladas y lluviosas el período de floración es larga (más de un mes) y el rendimiento del aceite es bueno; mientras, que en condiciones climáticas cálidas y secas, el período de floración es corto (15 – 20 días) y el rendimiento del aceite es más pobre (Baser & Arslan , 2014).

El contenido de aceite de rosas cosechadas en la mañana (5 – 7 am), en condiciones frías y nubladas, es casi el doble que las cosechadas al mediodía, el contenido de aceite es de 0,04 % (1 kg de aceite de rosas de 2,5 Tn de rosas) (Baser & Arslan , 2014). El rendimiento de aceite cae drásticamente en las rosas cosechadas después de las 10 am, siendo de un 0,02 % (1 kg de aceite de 5 Tn de rosas) debido a la eliminación del aceite esencial de las tricomonas de los pétalos (Pal & Singh, 2013).

El rendimiento y composición química del aceite de rosas, varía en gran medida durante los estados de floración, debido a las variaciones en la tasa de fotosíntesis de las diversas partes de la planta (Pal & Singh, 2013).

1.5 Hibridación en rosa

La hibridación en rosa se realiza mediante polinización cruzada, el polen de una flor es transferido al pistilo de un parental diferente; para inducir la maduración y liberación del polen de las anteras donantes, es necesario un tiempo de contacto de 24 h, produciendo así un exudado en los estigmas , necesarias para la germinación del polen (Leus, Van Laere, De Riek, & Van Huylenbroeck, 2018).

En el hemisferio norte, las hibridaciones se llevan a cabo de mayo a junio; mientras, que, en otras regiones, como Ecuador, las polinizaciones se realizan durante todo el año (Leus, Van Laere, De Riek, & Van Huylbroeck, 2018).

1.6 Aceite esencial

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios, se caracterizan por ser sustancias volátiles (al ser obtenidas por hidrodestilación o destilación a vapor), complejas y líquidas con un fuerte aroma (Mohammad, y otros, 2019).

Químicamente están formados por terpenos, monoterpenos y sesquiterpenos (hidrocarburo, alcoholes, cetonas, que pueden ser acíclicos, monocíclicos, bicíclicos, tricíclicos), sustancias azufradas y nitrogenadas (Acevedo, Navarro, & Monroy, 2013).

1.7 Principales componentes químicos del aceite esencial de rosas

El componente principal del aceite esencial de rosas es el citronelol (31-44%), seguido por el geraniol (9 – 15 %), nonadecano (8–15 %), nerol (5–11 %), 1-nonadeceno (2–5 %), eugenol de metilo (2–4 %), heneicosano (3–4 %), acetato de geranilo, alcohol feniletílico, β -cariofileno, acetato de citronelilo, germacreno D y linalool están en el rango de 1 – 2 % cada uno (Baser & Arslan , 2014).

1.8 Rendimiento de aceite esencial de rosa

Los pétalos de rosa generalmente contienen muy poco aceite esencial en comparación con otras plantas oleaginosas, generalmente para obtener 1 kg de aceite esencial de rosa se emplean 3000 – 4000 kg de pétalos de rosa; por lo tanto, el rendimiento de aceite de rosas es de aproximadamente del 0,03 – 0,04 % (Baydar, 2006).

1.9 Importancia económica del aceite esencial de rosas

Actualmente, Turquía produce anualmente aproximadamente 2-2,5 Tn de aceite de rosa; 8.200 familias cultivan rosas de aceite y el 0,5-1,0 % del total de la tierra cultivada en Turquía se utiliza para la producción de rosas (Gunes, 2005). El precio del aceite esencial de rosas es considerado como uno de los más caros en el mundo, teniendo en cuenta que el costo de 1 kg de aceite esencial de rosas esta entre 5750 y 6000 USD, por lo que es llamado también como oro líquido en las industrias de aromas, fragancias y farmacéuticas; su alto valor es debido a su bajo rendimiento (Baydar, 2006).

Turquía, Bulgaria, Marruecos, Irán, Egipto, Francia, China e India son los principales productores de rosas de aceite en el mundo, destacándose los dos primeros como los mayores productores (Turquía y Bulgaria); y cabe mencionar que, en localidades ubicadas en Marruecos, sus únicos ingresos provienen de la destilación de flores como la rosa (Ortuño, 2006).

La rosa búlgara produce un aceite reconocido por su alta calidad y aplicación versátil; su producción está dirigida en mayor parte a mercados extranjeros como Francia, Alemania, Estados Unidos y Japón con fines industriales como la cosmética, perfumería y aromaterapia (Chalova, Manolovb, & Manolovac, 2017).

1.10 Aplicación en la industria

La producción de aceite esencial de rosa es dirigida principalmente a la industria cosmética y de perfumería; existen muchas especies de rosas, pero solo algunas de ellas muestran características buscadas por las perfumerías en el mundo, entre ellas *Rosa damascena* Mill. (Damask rose, Pink rose), considerada la especie más importante, que produce un aceite aromático de alto valor (Ulusoy, Bosgelmez-Tinaz,

& Canbay, 2009). Estas esencias son utilizadas principalmente para saborizar alimentos de alta calidad, jabones, cosmético, artículos de tocador y perfumes (Sereshti, Maryam, & Samadi, 2009).

Además de su uso en perfumería y alimentación, la industria del aceite de rosa tiene propiedades medicinales, es decir, anti - VIH, antibacteriano, antiséptico, antioxidante, antiviral, afrodisíaco, antitusivo, hipnótico, antidiabético, efecto relajante en las cadenas traqueales y se ha informado de un tónico para el corazón, hígado, estómago y útero; por esto, esta planta ha aumentado aún más su demanda en todo el mundo (Sharma & Kumar, 2018).

1.10.1 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los glucósidos de flavonol extraídos del aceite esencial de pétalos de *Rosa damascena*, tienen actividad antioxidante y pueden utilizarse en ingredientes alimentarios; por lo tanto, posiblemente sea adecuado para ser utilizado como un antioxidante natural seguro en la industria alimentaria (Nasery, Hassanzadeh, Najaran, & Emani, 2016). Además, los antioxidantes como los flavonoides y los polifenoles desempeñan un papel fundamental contra los tumores y la diabetes (Lu & Wang, 2018).

1.10.2 Actividad antibacteriana

La acción antibacteriana de la esencia de rosa ha sido evaluada mediante pruebas de difusión en agar y concentración inhibitoria mínima (CIM); el aceite esencial de *Rosa damascena*, mostró una fuerte actividad antibacteriana contra los microorganismos probados (*Pseudomonas aeruginosa*, *Chromobacterium violaceum*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Erwinia carotovora* y *Staphylococcus aureus*) (Nasery, Hassanzadeh, Najaran, & Emani, 2016). Las propiedades antibacterianas del aceite esencial de rosa

pueden atribuirse a su alto contenido de alcohol fenilético (PEA); teniendo en cuenta que la actividad antimicrobiana de los alcoholes se conoce desde hace mucho tiempo (Ulusoy, Bosgelmez-Tinaz, & Canbay, 2009).

1.11 Métodos de extracción de aceites esenciales

La hidrodestilación es uno de los procesos más usados para extraer aceites esenciales de una especie vegetal aromática, mediante vapor a presión atmosférica; para esto, se coloca en el balón el agua y el material vegetal a destilar; este método de destilación se realiza en un equipo Clevenger (Ortega, 2015). Los aceites se evaporan al calentar la mezcla que se encuentra en el balón, seguido de la licuefacción de los vapores en un condensador; además, comprende de un decantador para recoger el condensado y separar los aceites del agua (Rassem, Nour, & Yunus, 2016).

Hay tres tipos de hidrodestilación: con inmersión en agua, con inyección directa de vapor y con inmersión en agua e inyección de vapor; que es un proceso multilateral que puede ser utilizado para industrias grandes o pequeñas (Rassem, Nour, & Yunus, 2016).

La extracción por microondas es otra alternativa para la obtención de aceites esenciales; este método puede utilizarse de manera independiente en el cual la planta se calienta selectivamente por radiación de microondas en una cámara, dentro de la cual la presión se reduce secuencialmente donde las plantas frescas no requieren agua adicional (Devi, Chakrabarty, Ghosh, & Bhowmick, 2015); y también, se puede utilizar asistiendo a un método convencional como la hidro-destilación. Este método ofrece beneficios como una reducción considerable del tiempo y del consumo de energía (Peredo, Palou, & López, 2009); además, produce un producto que, en la

mayoría de los casos, es de mayor calidad que el producto tradicional de destilación al vapor (Devi, Chakrabarty, Ghosh, & Bhowmick, 2015).

El método enflorado, es otra técnica de extracción de aceites esenciales, que consiste en poner en contacto el material vegetal con algún tipo de grasa, para esto se utilizan grasas naturales con puntos de ablandamiento alrededor de 40 °C; se extiende en bandejas en profundidad no mayor a 5 mm y sobre ella se coloca el material vegetal, desde donde se van a extraer los principios odoríferos; el contacto puede durar de 3 a 5 días (Paredes & Quinatoa, 2010). Esta técnica tiene como desventaja su bajo rendimiento y su compleja separación, teniendo en cuenta que el resultado obtenido será una mezcla de aceite esencial con grasa (Rodríguez, Alcaraz, & Real, 2012).

La extracción de fluidos supercríticos (SFE) es el proceso de separar un componente (el extractor) de otro (la matriz) utilizando fluidos supercríticos como el disolvente de extracción; la extracción es generalmente de una matriz sólida, pero también puede ser de líquidos. (Rassem, Nour, & Yunus, 2016). El CO₂ es la sustancia que más se usa en este método, por sus características, entre ellos, su alto coeficiente de difusión, su baja viscosidad y tensión superficial (Paredes & Quinatoa, 2010). Como ventaja de este método, tenemos su alto rendimiento; sin embargo, resulta costoso por la necesidad de bombas de alta presión y equipos de extracción resistentes a presiones altas (Rodríguez, Alcaraz, & Real, 2012).

En cuanto a la extracción por solvente, la muestra es secada y molida; para después ponerla en contacto solventes volátiles (alcohol o cloroformo) y así, solubilizar el aceite esencial. El resultado será un aceite esencial con otras sustancias, teniendo como desventaja la obtención de una esencia impura (Peredo, Palou, & López, 2009). El proceso puede ejecutarse por batch (por lotes ó cochadas) ó en forma continua

(percolación, lixiviación, extracción tipo soxhlet) (Paredes & Quinatoa, 2010). Este método se utiliza a escala de laboratorio, pues el alto costo de los solventes no resulta conveniente a nivel industrial (Rodríguez, Alcaraz, & Real, 2012).

1.12 Determinación de la composición química de aceites esenciales

1.12.1 Cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS)

Los métodos de análisis químico han avanzado rápidamente debido a su interés comercial, entre ellos, la cromatografía de gases; esta la técnica fue desarrollada hace cinco décadas (Barquero, 2006), cuya función es determinar si un compuesto se encuentra o no en una muestra determinada, comparando el cromatograma de la muestra analizada con uno ya conocido de una sustancia pura (Ortega, 2015).

La combinación de cromatografía de gases con la espectrometría de masas (GC-MS) es muy adecuada debido a que el fin del cromatógrafo de gases es separar los componentes de una muestra, suministrando compuestos puros y la espectrometría de masas permite su identificación y confirmación (Polo, 2015). Para esto, la muestra es volatilizada e inyectada en la cabeza de la columna del cromatógrafo de gases; el flujo de la fase móvil de un gas inerte como el He, N₂ y H₂ da por resultado la elución, y destacando que la fase móvil solo transporta el analito por la columna y no interacciona con el mismo (Parrales, Reyes, & Pine, 2012); cada soluto presente en la muestra tiene una diferente afinidad hacia la fase estacionaria, lo que permite su separación: los componentes fuertemente retenidos por esta fase se moverán lentamente en la fase móvil, mientras que los débilmente retenidos lo harán rápidamente (Ortega, 2015).

El espectrómetro de masas actúa como detector para el cromatógrafo de gases; es capaz de detectar bajas concentraciones de analito, suministrando información tanto cualitativa como cuantitativa sobre los compuestos que eluyen de una columna, y

puede distinguir diferentes sustancias que tienen el mismo tiempo de retención (Arias, 2008). Los picos separados se eluyen del cromatógrafo de gases secuencialmente y entran en el espectrómetro. Una línea de transferencia caliente entre el cromatógrafo y el espectrómetro mantiene los compuestos del efluente en gas después de salir del horno del cromatógrafo (Polo, 2015). Para obtener un espectro de masas, las moléculas gaseosas se ionizan, los iones se aceleran en un campo eléctrico y a continuación se separan según su relación masa/carga (m/z) (Harris, 2007).

Los analizadores de masas más usados son el de cuadrupolo (Q), de trampa de iones (IT) y de tiempo de vuelo (TQF), que son dispositivos que se realizan la separación de los iones; los programas de ordenador comparan los datos de masas (m/z) e intensidades del espectro del analito a identificar con los existentes en la librería de espectros de masas estándar, o de referencia (Polo, 2015).

1.13 Índice de Kovats

El índice de retención fue propuesto por primera vez por Kovats en 1958 como un parámetro para identificar solutos a partir de los cromatogramas (Parrales, Reyes, & Pine, 2012); su objetivo es describir el comportamiento de retención de una molécula de interés, comparando con una mezcla de hidrocarburos saturados, alcanos, con diferentes números de carbono (Acevedo & Del Cisne, 2014). Además, se menciona al Índice de Kovats como el término relativo más utilizado con fines cuantitativos en GC, por tener la ventaja de ser muy reproducible (Basantes & Trujillo, 2015).

1.14 Químio-biodiversidad

Existe una diversidad de metabolitos secundarios bioactivos de origen natural (Pino, Sánchez, & Rojas, 2013); con estructuras y patrones que varían de una planta a otra debido a su complejidad; se ha determinado más de 50.000 estructuras a través de

análisis por Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Espectrometría de Masas (EM), Espectroscopía Infrarroja (IR) y difracción de rayos X (DRX), y se estima que más de un 20% de las plantas se encuentran sin ser estudiadas por lo que es probable que las estructuras de los metabolitos secundarios superen las 100.000 estructuras (Suárez & Coy, 2016).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Obtención del material vegetal

La Florícola “San Luis” fue el proveedor del material vegetal; empresa que se encarga de la producción y comercialización de rosas, ubicada en de la provincia de Pichincha, Cantón Pedro Moncayo, en la ciudad de San Juan de Tabacundo, en el sector Cananvalle Bajo – Cuchiloma.

El material vegetal fue previamente clasificado, empacado y etiquetado en bolsas herméticas ziploc (cool plastic bags), posteriormente enviados a los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

Se receptaron 21 variedades híbridas de rosas, que se encuentran dentro de los cultivares: Arbustiva, Bourbon, Damascena, Damask perpetual, Floribunda, Gallica, Grandiflora, Híbrido perpetuo, Musgoso y Trepadora.

2.2 Hidrodestilación para la obtención del aceite esencial

La extracción de las esencias de rosas se ejecutó en un equipo de hidrodestilación de tipo clevenger durante 3 h (Kumar R. , Sharma, Sood, Agnihotri, & Singh, 2013), como se muestra en el Figura 1.

Se pesó entre 100 g y 200 g de muestra vegetal (pétalos y pedúnculos de rosa) y se midió entre 100 mL y 200 mL de agua destilada, en una proporción 1:1 (masa / volumen), en el balón redondo de destilación de 500 mL; se llevó a ebullición, el vapor generado arrastró el aceite esencial de rosas, condensándose; posteriormente se separó el aceite del hidrosoluble (agua floral) mediante decantación (Yunge, 2011) y se

almacenó en un vial ámbar de 1,5 mL a 4 °C (Manouchehria, Saharkhiza, Karami, & Niakousari, 2018).

Equipo Clevenger



Elaborado por: Las autoras, 2019

Figura 1. Método de destilación por arrastre de vapor

2.3 Obtención del rendimiento

El aceite esencial obtenido se almacenó en viales ámbar previamente etiquetados. Se añadió de 0,80 g a 0,85 g de sulfato de sodio anhidro para secar las trazas de agua como lo menciona Noriega (2009). El rendimiento se calculó utilizando el peso del material vegetal y el peso del aceite esencial obtenido con la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{\text{g de aceite esencial}}{\text{g de material vegetal}} \times 100$$

2.4 Análisis e identificación de los aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)

Se utilizó un cromatógrafo de gases marca Bruker modelo Scion 436-GC acoplado a un espectrómetro de masa marca Bruker modelo EVOQ (GC-MS) (Manouchehria, Saharkhiza, Karami, & Niakousari, 2018); para su análisis se realizó una dilución en un vial ámbar nuevo, se añadió 20 μL de muestra del aceite esencial de rosa y 980 μL de hexano (Kumar R. , Sharma, Sood, & Agnihotri, 2015) y se colocó el vial o viales en el equipo de GC-MS.

Se configuró el equipo GC-MS con el método Fullscan_Aceite-Rosas_V82_original, (con 3 repeticiones por cada muestra) con las siguientes condiciones:

2.4.1 Condiciones del cromatógrafo de gases

Las condiciones programadas para el GC fueron: temperatura de inyección: 250 °C, temperatura inicial de la columna: 60 °C, se eleva la temperatura a 220 °C a una velocidad de 6 °C/min, flujo de helio: 1 mL/min. Tiempo total de análisis por muestra: 33,67 min. Las características de la columna del GC fueron: columna BR-5 ms marca Bruker con una longitud: 30 m, con diámetro: 0,25 mm, espesor de la película: 0,25 μm .

2.4.2 Condiciones del espectrómetro de masas

Energía de Ionización: 70 eV, energía del filamento: 40 μA , rango de masas: 4-400 m/z.

2.5 Identificación de compuestos

Se calculó el Índice de Kovats (índice isotérmico) de los componentes volátiles, mediante series homólogas de n-alcanos (C8-C20) (Noriega, 2009).

Según Basantes y Trujillo (2015) el Índice de Kovats (IK) se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$IK = 100 \left[\frac{t_{Ri}^T - t_{Rz}^T}{t_{R(z+1)}^T - t_{Rz}^T} + z \right] + N$$

Donde:

IK = Índice de retención de la temperatura programada análisis GC, velocidad de calentamiento constante.

N = Números de átomos de carbono C8 al C20.

z = Números de átomos de carbono del n-alcano pico de elución inmediatamente antes del pico de la muestra.

t_{Ri}^T = Tiempo de retención ajustado del pico de la muestra.

t_{Rz}^T = Tiempo de retención ajustado de n-alcano pico de elución inmediatamente antes del pico de muestra.

$t_{R(z+1)}^T$ = Tiempo de retención ajustado de n-alcano pico de elución inmediatamente después del pico de muestra.

Se comparó los IK teóricos propuestos en la base de datos ADAMS versión 4, año 2017, con la base de datos NIST versión 2.0, año 2002.

2.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de rendimiento y componentes principales de las esencias de rosas se analizaron con el programa estadístico PAST (Paleontological Statistics software) versión 2.17c, año 2013. Se realizó un análisis de componentes principales (PCA), utilizando los datos de los principales componentes químicos (citronelol, geraniol, nerol y fenil etil alcohol), determinando grupos en función de la relación de su

composición química. Además, se realizó dos análisis gráficos de barras, el primero tomando los datos de rendimiento y el segundo correlacionando la composición química con el rendimiento.

Capítulo 3

3. Resultados y discusión

3.1 Rendimiento de los aceites esenciales de variedades de rosas híbridas

Se obtuvo 21 muestras de aceite esencial de variedades de rosas mediante hidrodestilación; las variedades de rosas pertenecían a los siguientes grupos: Arbustiva, Bourbon, Damascena, Damask perpetual, Floribunda, Gallica, Grandiflora, Híbrido perpetuo, Musgoso y Trepadora.

Tabla 1.

Resultado de rendimiento de los aceites esenciales de variedades de rosas

Grupo de cultivo	Código	Rendimiento (%)	Rendimiento (A/M/B)
Arbustiva	A 029	0,040	A
Arbustiva	A 084	0,059	A
Arbustiva	A 026	0,029	M
Arbustiva	A 057	0,027	M
Arbustiva	A 062	0,023	M
Arbustiva	A 046	0,019	M
Bourbon	A 031	0,072	A
Damascena	DAM	0,037	A
Damask Perpetual	A 003	0,020	M
Floribunda	A 090	0,013	M
Floribunda	A 061	0,014	M
Floribunda	A 068	0,005	B
Floribunda	A 070	0,010	B
Floribunda	A 094	0,005	B
Gallica	A 036	0,031	A
Grandiflora	A 053	0,024	M
Híbrido perpetuo	A 037	0,017	M
Híbrido perpetuo	A 043	0,024	M
Musgoso	A 038	0,029	M
Trepadora	A 027	0,009	B
Trepadora	A 030	0,062	A

Nota: A: alto; M: medio; B: bajo. Elaborado por: Las autoras, 2019

Los datos obtenidos del rendimiento de los aceites esenciales de las variedades de rosas se presentan en la Tabla 1., de acuerdo con su código establecido, y al grupo que pertenece. Los rendimientos más altos de aceite esencial se muestran en variedades de los grupos de rosa: Arbustiva (A029 y A084), Bourbon (A031), Damascena (DAM), Gallica (A036) y Trepadora (A030), con un rendimiento entre 0,031 % y 0,072 %, mientras que las variedades con bajo rendimiento se encuentran dentro de los grupos de rosas: Floribunda (A068, A094 Y A070) y Trepadora (A027) con un porcentaje entre 0,005 % y 0,010 %. Las variedades con un rendimiento medio se muestran dentro de los grupos: Arbustiva (A026, A057, A062, A46), Damask Perpetual (A003), Floribunda (A090 y A061), Gallica (A036), Grandiflora (A053), Híbrido perpetuo (A037) y (A043), Musgoso (A038). La clasificación de alto, medio y bajo rendimiento se lo realizo tomando como referencia diferentes estudios de rendimiento realizados en *Rosa damascena*.

La variación en el rendimiento se puede dar por diversos factores tanto genéticos como ambientales (Baydar & Baydar , 2005). Según Baydar et al. (2008), se produce una reducción del 0,25 % en el contenido de aceite de las flores almacenadas a 25 °C durante 96 h en comparación con las flores destiladas de inmediato. Así mismo, se menciona un estudio realizado por Kumar et al. (2013) que registraron reducciones del 8,5 % y 27,6 % en el contenido de aceite esencial cuando las flores de rosa Damask se almacenaron durante 24 h a 4 °C y 18 °C, respectivamente, sin utilizar ningún material de embalaje (Seify, Yadegari, & Pirbalouti, 2018). Esta condición es un punto crítico en la destilación de aceite esencial de rosas, por lo que los resultados podrían variar en función de este parámetro (tiempo de almacenamiento).

Los datos que se tomaran en cuenta para el análisis estadístico son los de rendimiento medios y altos, y dentro de estos, los que presenten mejor composición química.

3.2 Análisis cualitativo y cuantitativo de los aceites esenciales de las variedades de rosas mediante GC-MS

Los principales compuestos químicos identificados por GC-MS de los aceites esenciales de las variedades de rosas se muestran en la Tabla 2. Entre los compuestos más importantes están: geraniol, citronelol, nerol y fenil etil alcohol.

Tabla 2.

Porcentaje de los principales componentes químicos de los aceites esenciales de las variedades de rosas identificados por GC-MS

Grupo de cultivo	Código	Geraniol (%)	Citronelol (%)	Nerol (%)	Fenil etil alcohol (%)
Arbustiva	A 029	41,690	23,660	15,980	1,460
Arbustiva	A 084	45,050	21,620	6,440	0,000
Arbustiva	A 026	0,000	0,000	0,000	0,000
Arbustiva	A 057	0,000	0,000	0,000	0,000
Arbustiva	A 062	0,000	0,000	0,000	0,000
Arbustiva	A 046	0,000	0,000	0,000	0,000
Bourbon	A 031	32,698	39,105	5,275	5,400
Damascena	DAM	36,463	46,936	5,765	3,406
Damask Perpetual	A 003	0,000	0,000	0,000	0,000
Floribunda	A 090	1,442	0,000	8,456	33,500
Floribunda	A 061	0,000	0,000	0,000	0,000
Floribunda	A 068	0,000	0,000	0,000	0,000
Floribunda	A 070	0,000	0,000	0,000	0,000
Floribunda	A 094	0,000	0,000	0,000	0,000
Gallica	A 036	0,000	0,000	0,000	0,000
Grandiflora	A 053	0,000	0,000	0,000	0,000
Híbrido perpetuo	A 037	0,000	0,000	0,000	0,000
Híbrido perpetuo	A 043	1,902	3,648	2,715	7,711
Musgoso	A 038	7,700	19,950	4,020	12,040
Trepadora	A 027	0,000	0,000	0,000	0,000
Trepadora	A 030	0,000	0,000	0,000	0,000

Nota: Muestras analizadas no mostraron composición química en GC-MS por su bajo rendimiento o por el mal estado (calidad) de las rosas. **Elaborado por:** Las autoras, 2019

Tabla 3.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 029 perteneciente al grupo “Arbustiva”

Arbustiva				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A029	8,927	Cyclotetrasiloxane, octamethyl	0,111	1021
A029	9,151	β - Myrcene	0,571	1033
A029	10,335	Limonene	0,146	1089
A029	10,827	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0,209	1115
A029	12,342	Linalool	0,740	1203
A029	12,666	Phenyl ethyl alcohol	1,460	1225
A029	13,291	Cyclopentasiloxane, decamethyl	0,560	1266
A029	13,734	2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)	0,112	1294
A029	14,897	L-α-Terpineol	0,306	1377
A029	15,600	Nerol	15,980	1430
A029	15,646	Citronellol	23,660	1434
A029	15,935	Neral	1,229	1456
A029	16,235	Geraniol	41,690	1479
A029	16,326	Benzenebutanal	2,623	1479
A029	16,604	3,5-Dimethoxytoluene	2,285	1508
A029	16,649	Citral	1,977	1511
A029	17,447	Cyclohexasiloxane, dodecamethy	0,593	1577
A029	18,537	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, propanoate	0,518	1671
A029	18,736	Succinic acid, 3-methylbut-2-en-1-yl neryl ester	0,497	1688
A029	19,174	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	1,742	1728
A029	20,630	Ethyl chrysanthemate	0,652	18,65
A029	21,345	γ-Muurolene	0,166	1936
A029	21,498	Germacrene D	1,016	1951

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 4.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 084 perteneciente al grupo “Arbustiva”

Arbustiva				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A084	15,594	Nerol	6,440	1429
A084	15,646	Citronellol	21,620	1434
A084	16,228	Geraniol	45,050	1478
A084	16,609	3,5-Dimethoxytoluene	7,235	1508

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 5.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 031 perteneciente al grupo “Bourbon”

Bourbon				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A031	12,700	Phenyl ethyl alcohol	5,400	1227
A031	15,617	Nerol	5,275	1431
A031	15,676	Citronellol	39,105	1436
A031	16,254	Geraniol	32,698	1480
A031	21,514	β -Copaene	1,997	1953

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 6.Componentes químicos del aceite esencial de la variedad *Rosa damascena*

Damascena				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
DAMAS	12,695	Phenyl ethyl alcohol-Dup1	3,406	1227
DAMAS	15,613	Nerol	5,765	1431
DAMAS	15,673	Citronellol	46,936	1436
DAMAS	15,955	Neral	1,167	1458
DAMAS	16,251	Geraniol	36,463	1480
DAMAS	16,668	Geranial	1,693	1513
DAMAS	18,551	Menthyl acetate<neo->	0,915	1673
DAMAS	19,188	Geranyl acetate	1,427	1730
DAMAS	20,215	Caryophyllene(E-)	1,365	1825

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 7.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 090 perteneciente al grupo “Floribunda”

Floribunda				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A090	12,632	Phenyl ethyl alcohol	33,500	1222
A090	16,198	Geraniol	1,442	1476
A090	16,203	Nerol	8,456	1477
A090	18,551	Menthyl acetate<neo->	0,810	1673
A090	19,188	Geranyl acetate	0,433	1730
A090	20,215	Caryophyllene (E-)	0,255	1825

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 8.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 038 perteneciente al grupo “Musgoso”

Musgoso				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A038	7,500	α -Pinene	5,896	963
A038	8,670	β - Phellandrene	0,038	1008
A038	8,819	β - Pinene	1,126	1015
A038	9,149	β - Myrcene	0,973	1032
A038	10,336	Limonene	0,266	1089
A038	10,827	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0,126	1115
A038	12,342	Linalool	0,402	1203
A038	12,468	Nonanal	0,231	1211
A038	12,662	Phenyl ethyl alcohol	12,038	1224
A038	13,063	2H-Pyran, tetrahydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	0,155	1251
A038	13,291	Cyclopentasiloxane, decamethyl	0,322	1266
A038	14,526	Terpinen-4-ol	0,564	1351
A038	14,898	α -Terpineol	0,391	1377
A038	15,591	Nerol	4,024	1429
A038	15,645	Citronellol	19,952	1403
A038	15,936	2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)-	0,714	1456
A038	16,225	Geraniol	7,702	1478
A038	16,322	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	1,627	1486
A038	16,607	3,5-Dimethoxytoluene	16,162	1508
A038	17,447	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl	0,382	1577
A038	18,539	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, propanoate	0,458	1671
A038	18,736	Neryl propanoate	0,195	1688
A038	19,174	Neryl formate	0,495	1728
A038	19,506	β - Elemene	15,270	1759
A038	20,202	Caryophyllene(E)-	6,788	1824
A038	20,969	α -Humulene	0,356	1897
A038	21,498	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a.alpha.,3b.beta.,4.beta.,7.alpha.,7aS*)]-	0,362	1951
A038	21,674	Methyl 8,11,14,17-eicosatetraenoate	0,124	1969

Elaborado por: Las autoras, 2019

Tabla 7.

Componentes químicos del aceite esencial de la variedad de rosa A 043 perteneciente al grupo “Híbrido Perpetuo”

Híbrido Perpetuo				
Código de muestra	Tiempo de retención (min)	Posible composición química	%	IK
A043	9,198	Cineole<dehydro-1, 8->	0,436	1035
A043	12,698	Phenyl ethyl alcohol	7,711	1227
A043	14,060	Ethyl benzoate	2,749	1317
A043	14,352	Borneol	1,988	1338
A043	14,634	Acetophenone <para-methyl->	0,548	1359
A043	14,703	Cryptone	1,506	1364
A043	15,682	Citronellol	3,648	1436
A043	16,099	Shisofuran	1,35	1469
A043	16,260	Geraniol	1,902	1481
A043	16,266	Nerol	2,715	1481
A043	16,817	Cinnamaldehyde<E->	8,628	1526
A043	17,294	Cymen-7-ol<para->	9,267	1565
A043	18,040	Cryptone<4-hydroxy->	4,72	1628
A043	18,359	Menth-1-en-7-al<3-oxo-para->	2,697	1656
A043	18,563	Isobornyl isobutanoate<8-hydroxy->	2,334	1674
A043	20,158	Thujic acid	2,161	1820
A043	20,376	Carvone hydrate	3,216	1841
A043	21,461	Curcumene<ar->	1,726	1948
A043	21,550	Thujopsenal	1,337	1957
A043	21,840	Linalool isovalerate	4,893	1986

Elaborado por: Las autoras, 2019

3.3 Análisis estadístico

Tabla 8.

Datos de rendimiento y composición química del aceite esencial de las variedades de rosas utilizados en el análisis estadístico

Grupo de cultivo	Código	Rendimiento (%)	Geraniol (%)	Citronelol (%)	Nerol (%)	Fenil etil alcohol (%)
Arbustiva	A 029	0,040	41,690	23,660	15,980	1,460
Arbustiva	A 084	0,059	45,050	21,620	6,440	0,000
Bourbon	A 031	0,072	32,698	39,105	5,275	5,400
Damascena	DAM	0,037	36,463	46,936	5,765	3,406
Musgoso	A 038	0,029	7,700	19,950	4,020	12,040
Floribunda	A 090	0,013	1,442	0,000	8,456	33,500
Híbrido perpetuo	A 043	0,024	1,902	3,648	2,715	7,711

Elaborado por: Las autoras, 2019

Para el análisis estadístico se descartaron los datos de las variedades que no fueron posible identificar su composición química, debido a su bajo rendimiento o al mal estado del material vegetal. Se debe tener en cuenta que las flores de rosa de calidad superior frescas se cosechan en las primeras horas de la mañana para obtener el mayor rendimiento de aceite esencial (Manouchehria, Saharkhiza, Karami, & Niakousari, 2018), y debido a que nuestro material vegetal fue receptado de una empresa privada Florícola San Luis, alejada del lugar de estudio, donde se realizó la destilación, no se pudo controlar el tiempo de almacenamiento razón por la cual se perdió aceite esencial en algunas muestras.

La Tabla 10. presenta los datos más representativos para ser analizados estadísticamente.

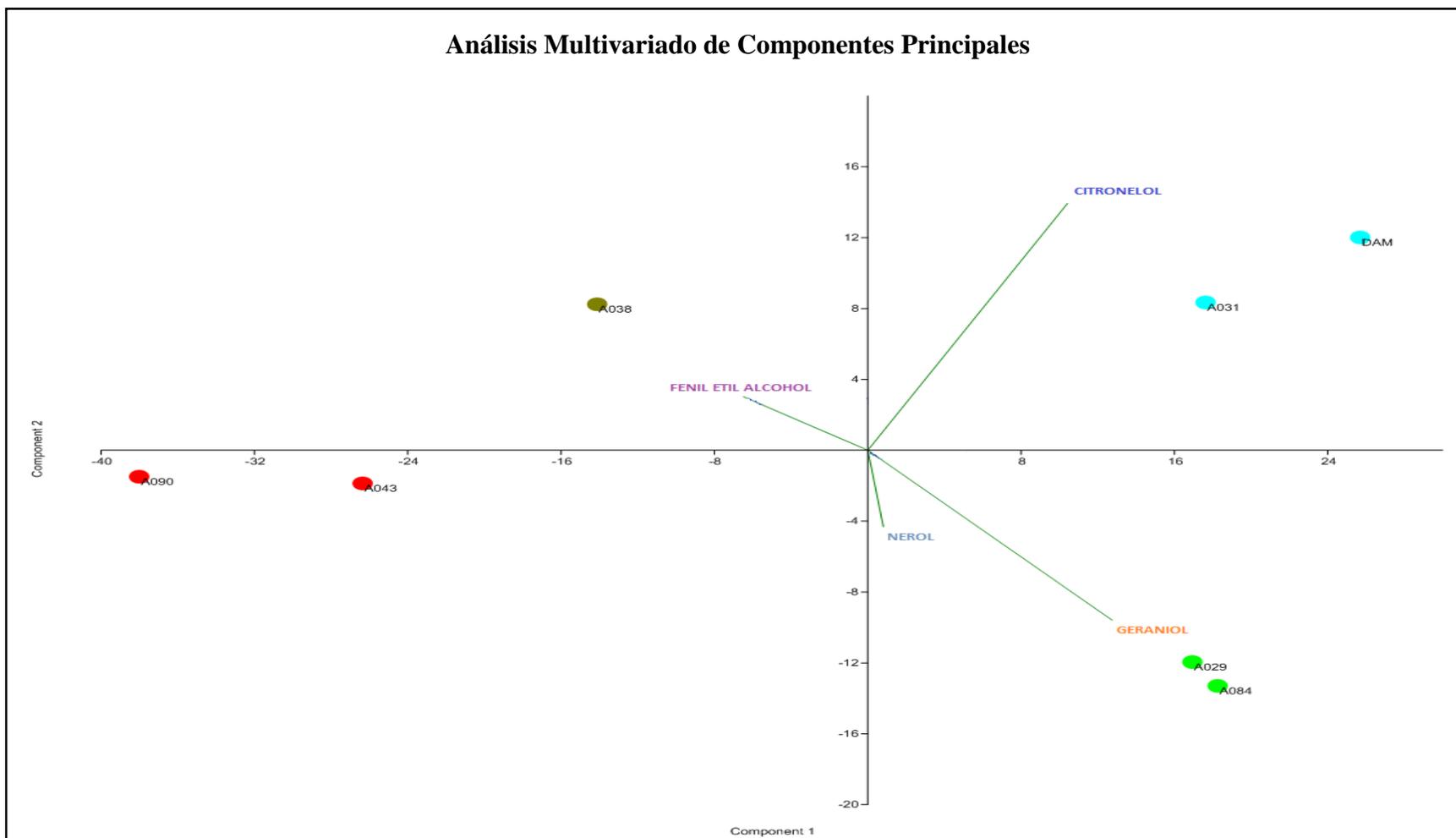


Figura 2. Análisis Multivariado de Componentes Principales del aceite esencial obtenido de las 7 mejores variedades de rosas, agrupada en función a su composición química (Citronelol, Geraniol, Nerol y Fenil etil alcohol).

Elaborado por: Las autoras, 2019

El análisis de componentes principales se realizó en función a la relación de los principales componentes químicos de las variedades de rosas: geraniol, citronelol, nerol y fenil etil alcohol. De este análisis se puede diferenciar 4 grupos (Figura 2):

Grupo A: conformado por las variedades Arbustiva (A 084) y Arbustiva (A 029)

Grupo B: conformado por las variedades Bourbon (A 031) y Damascena (DAM)

Grupo C: conformado por la variedad Musgoso (A 038)

Grupo D: conformado por las variedades Floribunda (A 090) e Híbrido Perpetuo (A 043)

Tabla 9.

Datos agrupados de acuerdo con el análisis de componentes principales de los aceites esenciales de las variedades de rosas

Grupo	Geraniol (%)	Citronelol (%)	Nerol (%)	Fenil etil alcohol (%)
A	43,370	22,640	11,210	0,730
B	34,581	43,021	5,520	4,403
C	7,700	19,950	4,020	12,040
D	1,672	1,824	5,586	20,606

Elaborado por: Las autoras, 2019

En la Tabla 11. se muestran los datos agrupados de la composición química de los aceites esenciales de acuerdo con los grupos diferenciados en el Análisis de Componentes Principales y relacionando estos grupos y su composición química, se detalla de la siguiente manera:

El Grupo A muestra mayor contenido en geraniol (43,370 %), seguido por citronelol (22,640 %), nerol (11,210 %) y fenil etil alcohol (0,730 %). Según el trabajo realizado por Baydar & Baydar (2005) en *Rosa damascena* Miller se demostró que el geraniol fue el principal componente, obteniendo el 41,36 % al 44,44 % total del aceite esencial de rosa, donde los alcoholes monoterpenos que incluyen citronelol, geraniol y nerol, fueron afectados significativamente por la fecha de cosecha de mayo a junio, presentando los mayores porcentajes en citronelol del 23,92 % – 33,94 % y nerol del 8,61 % – 14,55 % , dichos resultados coinciden con los porcentajes obtenidos del Grupo A conformado por las variedades de Rosa Arbustiva.

En cuanto al fenil etil alcohol, se presentó como el cuarto componente principal con 0,730 %, debido a su alta solubilidad en agua, generalmente se pierde en el proceso de destilación (o se recoge en el agua de rosas) (Nedeltcheva, Stoicheva, & Antonov, 2017). Debido a la pérdida de alcohol fenetílico, el aceite de rosas no representa con precisión el olor auténtico de flor de la rosa (Baydar, Schulz, Krüger, Erbas, & Kineci, 2008).

Pese al no tener información de la composición química del aceite esencial de Rosa Arbustiva, esta variedad podría ser de importancia económica a nivel industrial (cosmética y perfumería) debido a la similaridad con *Rosa damascena* Miller en el perfil químico rico en alcoholes monoterpénicos.

En el Grupo B se muestra mayor contenido en citronelol (43,021 %), seguido por geraniol (34,581 %), nerol (5,520 %) y fenil etil alcohol (4,403 %). El estudio realizado por Baser & Arslan (2014) determinó el citronelol como el componente principal del aceite de *Rosa damascena* Miller, con 31 % – 44 %, coincidiendo con el compuesto mayoritario del Grupo B, citronelol con 43,021 %; al ser un compuesto aromatizante

que tiene una alta demanda por los cosméticos y las industrias de perfumería, se puede utilizar para producir otros compuestos aromáticos tales como óxido de rosas, a una concentración más alta de este compuesto es más deseable (Kumar R. , Sharma, Sharma, Sharma, & Kumar, 2018).

Otro estudio reportó los componentes en el aceite esencial en *Rosa damascena* Miller por Verma, Padalia, Chauhan, Singh, & Yadav (2011), a diferentes etapas de la floración, se encontró una cantidad de geraniol al 30,2 %, dicho compuesto incrementa con el avance de la etapa de desarrollo de la flor. Aseverando este resultado, con la investigación de Karami, Khosh - Khui, Salehi, Saharkhiz, & Zandi (2014) que demostró el contenido de geraniol (37,5 % – 41, 4 %) significativamente más alto en el aceite esencial de rosa damasco, como el segundo componente principal. Estos resultados ratifican el contenido de geraniol al 34,581 % reportadas por las variedades Rosa Bourbon y Rosa Damascena.

El tercer componente principal obtenido es nerol con 5,520 %, el resultado expuesto se encuentra dentro del rango del valor en el aceite de *Rosa damascena* del constituyente nerol con 5 % –11 % (Baser & Arslan , 2014).

El cuarto componente principal fue fenil etil alcohol (4,403 %), con una variación en relación al valor estándar ISO 9842 (< 3,5 %), debido a las diferentes variedades de rosas que conforman este grupo (*Rosa damascena* y Rosa Bourbon), o por condiciones climáticas o geográficas (Lei, Wang, Liu, & Zhang, 2014).

De acuerdo con la Norma Internacional del aceite de *Rosa damascena* Miller (ISO 9842, 2003) los monoterpenoides principales del grupo B, se destacan al estar dentro del rango de valores estándar, citronelol (valor ISO 20 % – 49 %), geraniol (valor ISO 6 % – 29 %), nerol (valor ISO 3 % –12 %) y fenil etil alcohol (valor ISO < 3,5 %).

La composición química del aceite, en las variedades Rosa Bourbon y *Rosa Damascena*, fueron similares a los aceites de rosa búlgaro, turco y marroquí de la ISO estándar (Lei, Wang, Liu, & Zhang, 2014).

En cuanto al Grupo C, esta muestra mayor contenido en citronelol (19,950 %), seguido por fenil etil alcohol (12,040 %), geraniol (7,700 %) y nerol (4,020 %). La investigación realizada por Mirzaei, Sefidkon, Ahmadi, Shojaeiyan, & Hosseini (2015) reportan una degradación de geraniol y generación de citronelol en el aceite de rosa, coincidiendo con los resultados obtenidos en la variedad de Rosa Musgoso (A 038), en concentraciones de geraniol 7,700 % y citronelol 19,950 %, causada por las condiciones de almacenamiento prolongado. Este resultado podría atribuirse a las tasas de transmisión de O₂ y CO₂ de los materiales de embalaje que probablemente condujeron a una condición que promovió la degradación del geraniol.

El Grupo D muestra mayor contenido en fenil etil alcohol (20,606 %), seguido por nerol (5,586 %), citronelol (1,824 %) y geraniol (1,672 %). La variabilidad de los compuestos principales analizados, en las variedades de rosas Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043), se pueden atribuir a una serie de factores, incluyendo la composición genética (Rusanov, Kovacheva, Stefanova, Atanassov, & Atanassov, 2009), fecha y hora de la cosecha, método de destilación (Yousefi & Jaimand, 2018), condiciones ecológicas del lugar (Moein, Karami, Tavallali, & Ghasemi, 2010) y la aplicación de macro y micronutrientes en la planta, pueden incrementar el rendimiento y la calidad de aceite esencial de rosas (Pal, Mahajan, & Agnihotri, 2016).

Rendimiento de las muestras de aceite esencial de las variedades de rosas

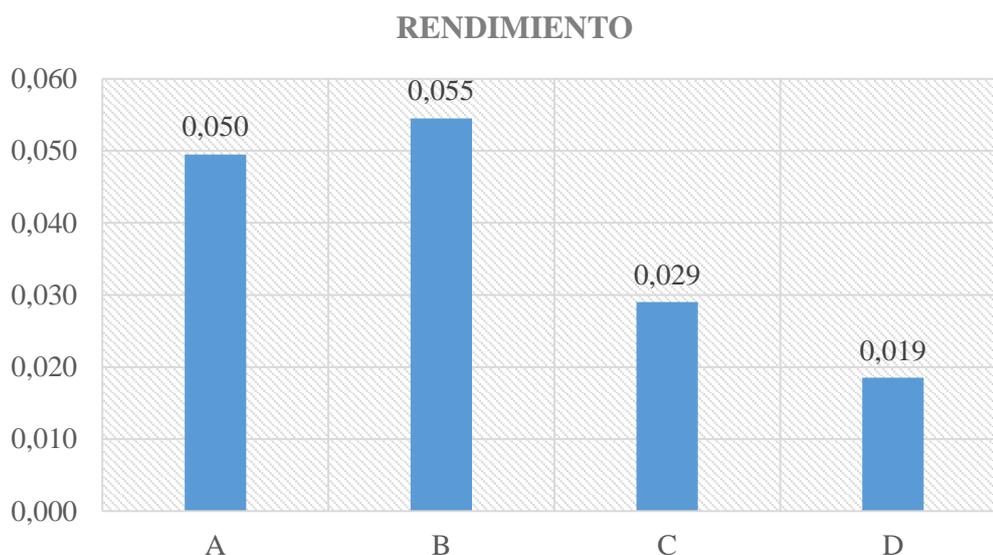


Figura 3. Análisis del rendimiento del aceite esencial de los grupos formados mediante PCA de las variedades de rosas. A: Arbustivas (A 084 y A 029); B: Bourbon (A 031) y Damascena (DAM); C: Musgoso (A 038); D: Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043).

Elaborado por: Las autoras, 2019

El análisis gráfico de rendimiento de los cuatro grupos (Figura 3), muestra que los grupos A (Arbustiva (A 084) y Arbustiva (A 029)) y B (Bourbon (A 031) y Damascena (DAM)) presentan los rendimientos más altos, 0,050 % y 0,055 % respectivamente. Coincidiendo con los resultados expuestos por Thakur, Sharma, Sharma, & Kumar (2019) que revelaron el contenido de aceite esencial de *Rosa damascena* en un rango de 0,050 a 0,056 %, dependiendo de la variedad y el tiempo de poda de la rosa de damasco. Así también, Seify, Yadegary & Pirbalouti (2018), menciona en su estudio que el contenido máximo obtenido de aceite esencial de *Rosa damascena* Miller se registró del 0,054 % al 0,055 % en flores almacenadas a -20 °C durante 6 h, mientras que el contenido mínimo de aceite esencial (0,011 % a 0,019 %) se registró en flores almacenadas a 25 ° C durante 96 h. Estos estudios corroboran los resultados en cuanto

a *Rosa damascena*, destacándola como la mejor variedad de rosa hasta el momento con un rendimiento significativo comparando con otras variedades de rosas.

Con respecto las variedades del grupo Arbustiva y Bourbon no existen estudios sobre el rendimiento de que puedan corroborar cuantitativamente los resultados. Sin embargo, se debe destacar que Bourbon, al presentar características de flores perfumadas, con muchos pétalos, se presenta como una variedad de estudio importante, teniendo en cuenta su alto rendimiento similar a *Rosa damascena*, al igual que las variedades del grupo Arbustiva.

El grupo C (Musgoso (A 038)) presentó un rendimiento de 0,029 % y por último el grupo D (Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043)) un rendimiento de 0,019 %. Y al igual como se mencionó con las variedades de Arbustiva y Bourbon, no se tienen datos o estudios suficientes que puedan discutir estos resultados. Pero, cabe destacar que un estudio realizado en *Rosa damascena* por Manouchehria, Saharkhiza, Karami, & Niakousari (2018), el valor medio de rendimiento de aceite esencial fue de 0,033 % con el método de hidrodestilación, similar al resultado del Grupo C (Musgoso (A 038)), relacionando esta característica de rendimiento entre ambas variedades. Sin embargo, se necesita más estudios que puedan confirmar esta relación.

Los resultados en general presentaron buenos rendimientos, recalando que el rendimiento de aceite esencial de rosas es muy pequeño (0,03–0,04 %) (Manouchehria, Saharkhiza, Karami, & Niakousari, 2018), demostrando un potencial para ser buenos parentales para futuras hibridaciones.

La relación de los datos obtenidos de composición química y de rendimiento del aceite esencial de los 4 grupos de las variedades de rosa, se presentan en la Figura 4.

Relación de la composición por el rendimiento

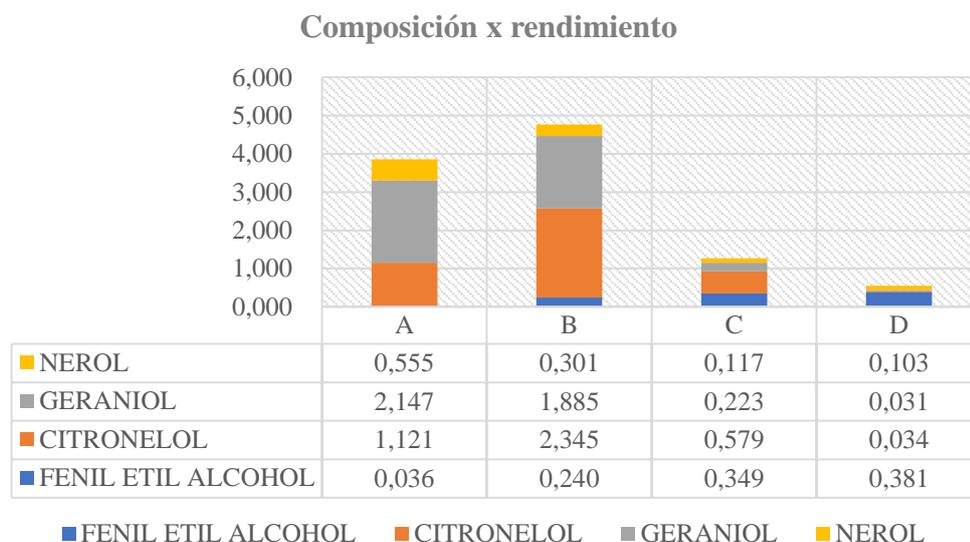


Figura 4. Relación de los componentes principales (Nerol, Geraniol, Citronelol, Fenil etil alcohol) por el rendimiento del aceite esencial de rosas de los grupos formados mediante PCA. A: Arbustivas (A 084 y A 029); B: Bourbon (A 031) y Damascena (DAM); C: Musgoso (A 038); D: Floribunda (A 090) e Híbrido perpetuo (A 043).

Elaborado por: Las autoras, 2019

Conclusiones

- Se logró extraer el aceite esencial de 21 variedades híbridas de rosas, pertenecientes a los cultivares Arbustiva, Bourbon, Damascena, Damask perpetual, Floribunda, Gallica, Grandiflora, Híbrido perpetuo, Musgoso y Trepadora; sin embargo, para el análisis estadístico se consideró 7 variedades que mostraron los mejores rendimientos y concentraciones de compuestos químicos.
- El análisis cromatográfico determinó que las muestras analizadas, poseen un alto porcentaje de alcoholes monoterpénicos: citronelol, geraniol, nerol y fenil etil alcohol, compuestos relacionados con la calidad del aceite de rosa, además de otros compuestos químicos de interés.
- Mediante el análisis estadístico, las variedades híbridas se asociaron en cuatro grupos, basadas en los cuatro compuestos químicos seleccionados, destacándose los grupos B: conformado por las variedades Bourbon (A 031) y Damascena (DAM) y A: conformado por las variedades Arbustiva (A 084) y Arbustiva (A 029); al mostrar los mayores porcentajes de los cuatro componentes principales.
- Los grupos B y A presentaron los rendimientos más altos con 0,055 % y 0,050 % respectivamente, considerando al grupo B (Bourbon (A 031) y Damascena (DAM)) como el mejor, tanto en rendimiento como en su composición, teniendo en cuenta los principales componentes químicos (citronelol (43,021

%), geraniol (34,581 %), nerol (5,520 %) y fenil etil alcohol (4,403 %)). Cabe destacar al grupo B, por estar en el rango de los valores estándar de la Norma Internacional del aceite de *Rosa damascena* Miller (ISO 9842:2003), siendo un referente de importancia económica para la industria cosmética y de perfumería.

- El rendimiento y la composición del aceite esencial de las variedades híbridas se vieron afectadas en gran medida por una serie de factores, como la temperatura, condiciones y tiempo de almacenamiento de las muestras, incluyendo la composición genética de cada cultivar.

Recomendaciones

- Destilar el aceite esencial, inmediatamente después de la cosecha de las rosas y en las primeras horas de la mañana para obtener mayor rendimiento de aceite esencial y evitar la pérdida de componentes volátiles.
- Ejecutar pruebas *in vitro* del aceite esencial de rosas, que está compuesto principalmente por citronelol, geraniol, nerol y fenil etil alcohol, teniendo en cuenta que presenta propiedades antibacteriales y antioxidantes. Además de aportar características de calidad como el aroma al aceite esencial de rosa, siendo de importancia para la industria cosmética, de perfumería y farmacológica.
- Realizar más estudios de las variedades de rosas del grupo Arbustiva y Bourbon, debido a que presentaron buenas características tanto en su composición como rendimiento y no existen estudios suficientes de estas variedades.
- Implementar otro método de destilación como la destilación de vapor por microondas al vacío, siendo un método rápido, que consume poca energía y que produce, según estudios realizados, un aceite con una calidad superior al obtenido por el método de hidrodestilación.

- Solicitar a la florícola proveedora del material vegetal, información detallada de las fechas y horas de cosecha, etapa de floración, tiempo de poda, suministro de nutrientes en los cultivares, ontogenia de la flor, siendo factores influyentes en el rendimiento y la composición del aceite esencial.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). *Información tecnológica*, 43-48.
- Acevedo, R., & Del Cisne, V. (2014). Determinación de la composición química, propiedades físicas y evaluación de la actividad biológica y antioxidante del aceite esencial de *Sarcorhahachis sydowii* Trel. de la provincia de Zamora Chinchipe (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador .
- Arias, A. (2008). Estudio analítico de especies metálicas, biomoléculas y metalobiomoléculas en alimentos como marcadores de calidad y autenticidad (Tesis de doctorado). Universidad de Huelva, España.
- Arzate, A., Bautista, M., Piña, J., Reyes, J., & Vásquez, L. (2014). *Técnicas Tradicionales y Biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal (Rosa spp.)*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Avdic, J., Becic, B., Sarajlic, N., & Arar , K. (2016). Roses (*Rosa spp.*) in public green spaces of Sarajevo. *Works of the Faculty of Agricultural and Food Sciences*, 209-212.
- Barquero, M. (2006). Cromatografía de gases. En M. Barquero, *Principios y aplicaciones de la cromatografía de gases* (págs. 1 - 4). Costa Rica: UCR.
- Barrera, A., Cabrera, J., García, F., Espinoza, G., & Granda, L. (2007). Producción de Rosa Coster (*Rosa spp.*) en Morelos. *INIFAP*, 3-4.

- Basantes, J., & Trujillo, A. (2015). Caracterización físico - química y determinación de actividad biológica del aceite esencial de las hojas de *Renealmia thyrsoides* subespecie *thyrsoides* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Baser, K., & Arslan, N. (2014). Oil Rose (*Rosa damascena*). En Z. Yaniv, & N. Dudai, *Medicinal and aromatic plants of the middle-east* (Vol. 2, págs. 281-304). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-017-9276-9_16
- Baydar, H. (2006). Oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) cultivation and rose oil industry in Turkey. *Euro Cosmetics*, 14(6), 13-17.
- Baydar, H., & Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 21(2), 251 - 255. doi:10.1016/j.indcrop.2004.04.004
- Baydar, H., Schulz, H., Krüger, H., Erbas, S., & Kineci, S. (2008). Influences of fermentation time, hydro-distillation time and fractions on essential oil composition of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 224 - 232. doi:10.1080/0972060X.2008.10643624
- Baydar, N. G., & Baydar, H. (2013). Phenolic compounds, antiradical activity and antioxidant capacity of oil-bearing. *Industrial Crops and Products*, 375-380. doi:10.1016/j.indcrop.2012.04.045
- Bravo, M. D., & Flores, S. J. (2007). Incidencia de la producción de Rosas en el sector de Cayambe período 2000-2005 (Tesis de pregrado). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador .

- Buczacki, S. (1996). Rosales Bourbon. En S. Buczacki, *Rosales* (pág. 62). Gran Bretaña: TURSEN.
- Cabrera, M. (2011). Producción, comercialización, exportaciones de las flores en el Ecuador y su rol en las exportaciones no tradicionales (2007 - 2010) (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Cairns, T. (2003). Rose Collections and Trials. En A. V. Roberts, *Encyclopedia of Rose Science* (págs. 664-681). London: Elsevier. doi:10.1016/B0-12-227620-5/00086-0
- Caissard, J., Bergougnoux, V., Martin, M., Mauriat, M., & Baudino, S. (2006). Chemical and histochemical analysis of 'quatre saisons blanc mousseux', a moss rose of the *Rosa* × *damascena* group. *Annals of Botany*, 97, 231–238. doi:10.1093/aob/mcj034
- Calvache, A. (2010). Elaboración de un manual técnico-práctico del cultivo de rosas (*Rosa* sp.) para exportación. *Rumipamba*, 24(10), 1 - 4.
- Cañar, Y. (2016). Determinación del ciclo fenológico en cinco variedades de rosa (*Rosa* sp.) para un cultivo en producción abierta en el sector La Esperanza provincia del Carchi (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Carchi, Ecuador.
- Chalova, V. I., Manolovb, I. G., & Manolovac, V. S. (2017). Challenges for commercial organic production of oil-bearing rose in Bulgaria. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2-12. doi:10.1080/01448765.2017.1315613
- Devi, M., Chakrabarty, S., Ghosh, S., & Bhowmick, N. (2015). Essential oil: its economic aspect, extraction, importance, uses, hazards and quality. En A.

- Sharangi, & S. Datta, *Value addition of horticultural crops: recent trends and future directions* (págs. 269-278). New Delhi: Springer. doi:10.1007/978-81-322-2262-0_15
- Francisco, M. R. (2010). Producción de rosas (*Rosa* spp.) y su importancia económica (Tesis pregrado). Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" . México.
- Ginova, A., Tsvetkov, I., & Kondakova, V. (2012). *Rosa damascena* Mill. - An overview for evaluation of propagation methods. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(4), 545 - 556.
- Gómez, C., & Egas, A. (2014). Análisis histórico del sector florícola en el Ecuador y estudio del mercado para determinar su situación actual (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Gunes, E. (2005). Turkey rose oil production and marketing: a review on problem and opportunities. *Journal of Applied Sciences*, 1871-1875. doi:10.3923/jas.2005.1871.1875
- Harris, D. (2007). Espectrometría de masas. En D. Harris, *Análisis químico cuantitativo* (6ta ed., pág. 518). Barcelona: Reverte.
- ISO 9842. (2003). Oil of Rose (*Rosa x damascena* Miller). *International Organization for Standardization*. Obtenido de www.iso.org/
- Karami, A., Khosh - Khui, M., Salehi, H., Saharkhiz, M. J., & Zandi, P. (2014). Essential oil chemical diversity of forty-four *Rosa damascena* accessions from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6), 1378 - 1388. doi:10.1080/0972060X.2014.884947

- Khosh, K. M. (2014). Biotechnology of scented roses: a review. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1(1), 1-20. doi:10.22059/IJHST.2014.50515
- Kovacheva, N., Rusanov, K., & Atanassov, I. (2010). Industrial cultivation of oil bearing rose and rose oil production in Bulgaria during 21 ST century, directions and challenges. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 1793 - 1798. doi:10.2478/V10133-010-0032-4
- Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., Sharma, M., & Kumar, N. (2018). Influence of flower to water ratio and distillation time of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers on essential oil content and composition in the western Himalayas. *Journal of Essential Oil Research*, 353 - 359. doi:10.1080/10412905.2018.1473814
- Kumar, R., Sharma, S., Sood, S., & Agnihotri, V. (2015). Variation in essential oil content and composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers by salt application under mid hills of the western Himalayas. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 297-306. doi:10.1080/0972060X.2016.1153985
- Kumar, R., Sharma, S., Sood, S., Agnihotri, V., & Singh, B. (2013). Effect of diurnal variability and storage conditions on essential oil content and quality of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers in north western Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 154, 102 - 108. doi:10.1016/j.scienta.2013.02.002
- Kürkçüoğlu, M., Megeed, A. A., & Başer, K. H. (2013). The composition of taif rose oil. *Journal of Essential Oil Research*, 25, 364-367. doi:10.1080/10412905.2013.809322

- Lei, G., Wang, L., Liu, X., & Zhang, A. (2014). Fast quantification of phenylethyl alcohol in rose water and chemical profiles of rose water and oil of *Rosa damascena* and *Rosa rugosa* from southeast china. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 823-832. doi:10.1080/10826076.2014.976710
- Leus, L., Van Laere, K., De Riek, J., & Van Huylenbroeck, J. (2018). Rose. En J. Van Huylenbroeck, *Ornamental Crops* (págs. 719-725). Cham: Springer International Publishing AG. doi:10.1007/978-3-319-90698-0_27
- Lu, J., & Wang, C. (2018). Medicinal components and pharmacological effects of *Rosa Rugosa*. *Records of Natural Products*, 535-543. doi:http://doi.org/10.25135/rnp.60.17.12.191
- Manouchehria, R., Saharkhiza, M., Karami, A., & Niakousari, M. (2018). Extraction of essential oils from damask rose using green and conventional techniques: microwave and ohmic assisted hydrodistillation versus hydrodistillation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 76-81.
- Mirzaei, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N., Shojaeiyan, A., & Hosseini, H. (2015). Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short-and long-term handling. *Industrial Crops and Products*, 219-224. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.11.011
- Moein, M., Karami, F., Tavallali, H., & Ghasemi, Y. (2010). Composition of the essential oil of *Rosa damascena* Mill. from south of Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 59-62.

- Mohammad, Y., Mehdi, R., Seied, M., Marcin, W., Teofil, J., Hermann, E., & Somayeh, M. (2019). Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *118*, 182-193. doi:10.1016/j.trac.2019.05.038
- Murillo, Y. E. (2014). Análisis de mercado para la exportación de aceites esenciales de rosas, limón y hierba luisa producidas en Ecuador hacia los Estados Unidos (Tesis de pregrado). Universidad de la Américas, Quito, Ecuador.
- Najem, W., El Beyrouthy, M., Wakim, L. H., Neema, C., & Ouaini, N. (2011). Essential oil composition of *Rosa damascena* Mill. from different localities in Lebanon. *Acta Botanica Gallica*, *365-373*. doi:10.1080/12538078.2011.10516279
- Nasery, M., Hassanzadeh, M., Najaran, Z., & Emani, S. (2016). Chapter 75 - Rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oils. En V. R. Preedy, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (págs. 659-665). Mashhad, Irán: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00075-4
- Nedeltcheva, D., Stoicheva, P., & Antonov, L. (2017). Chemical profiling of Bulgarian rose absolute (*Rosa damascena* Mill.) using gas chromatography–mass spectrometry and trimethylsilyl derivatives. *Industrial Crops and Products*, *108*, 36-43. doi:10.1016/j.indcrop.2017.06.007
- Noriega, P. (2009). Extracción, química, actividad biológica, control de calidad y potencial económico de los aceites esenciales. *La Granja*, *10(2)*, 3-19.
- Ortega, A. (2015). Extracción, caracterización por CG-EM y actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de *Passiflora edulis* Flavicarpa de origen ecuatoriano (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

- Ortuño, M. (2006). Métodos de obtención de aceites esenciales. En M. Ortuño, *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes* (págs. 23-45). AIYANA.
- Pal, P. K., Mahajan, M., & Agnihotri, V. K. (2016). Foliar application of plant nutrients and kinetin modifies growth and essential oil profile in *Rosa damascena* under acidic conditions. *Acta Physiol Plant*, 1-14. doi:10.1007/s11738-016-2187-6
- Pal, P., & Singh, R. (2013). Understanding crop-ecology and agronomy of *Rosa damascena* Mill. for higher productivity. *Australian Journal of Crop Science*, 7(2), 196 - 205.
- Paredes, D., & Quinatoa, F. (2010). Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Parrales, A., Reyes, M., & Pine, W. (2012). Cromatografía del gas natural (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Peredo, H., Palou, E., & López, A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingenieria en Alimentos*, 3(1), 24-32.
- Piedrasanta, R. B. (2007). Comparación química y de rendimiento del aceite esencial de hoja y raíz *Valeriana prionophylla* Standl. de dos diferentes localidades de Guatemala (Tesis de maestría). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: background, research approaches and trends. *Protección Vegetal*, 28(2), 81-94.

- Polo, L. (2015). Cromatografía de gases. En L. Polo, *Fundamentos de la cromatografía* (págs. 157-158). Madrid: Dextra.
- Rassem, H. H., Nour, A. H., & Yunus, R. M. (2016). Techniques for extraction of essential oils from plants: a review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 117-127.
- Rodríguez, M., Alcaraz, L., & Real, S. M. (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste*, 8-13.
- Rusanov, K., Kovacheva, N., Stefanova, K., Atanassov, A., & Atanassov, I. (2009). *Rosa damascene* - genetic resources and capacity building for molecular breeding. *Biotechnol Biotechnol Equip*, 23, 1436 - 1439. doi:10.2478/V10133-009-0009-3
- Seify, Z., Yadegari, M., & Pirbalouti, A. G. (2018). Essential Oil Composition of *Rosa damascena* Mill. Produced With Different Storage Temperatures and Durations. *Horticultural Science and Technology*, 552-559.
- Sereshti, H., Maryam, K., & Samadi, S. (2009). Application of response surface method for optimization of dispersive liquid–liquid microextraction of water-soluble components of *Rosa damascena* Mill. essential oil. *Journal of Chromatography A*, 198-204. doi:doi:10.1016/j.chroma.2008.11.081
- Sharma, S., & Kumar, R. (2018). Influence of harvesting stage and distillation time of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers on essential oil content and composition in the western Himalayas. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 92-102. doi:10.1080/0972060X.2017.1399089

- Suárez, K., & Coy, E. (2016). Diversidad de los compuestos orgánicos bioactivos de origen natural: una singularidad manifestada por la plasticidad en el metabolismo secundario. *Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2), 252-269.
- Thakur, M., Sharma, S., Sharma, U., & Kumar, R. (2019). Study on effect of pruning time on growth, yield and quality of scented rose (*Rosa damascena* Mill.) varieties under acidic conditions of western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4-12. doi:10.1016/j.jarmap.2019.100202
- The Plant Guide. (2019). *fine Gardening*. Obtenido de The Plant Guide: <https://www.finegardening.com/plant/damask-perpetual-rose-rosa-rose-de-rescht>
- Ulusoy, S., Bosgelmez-Tinaz, G., & Canbay, H. S. (2009). Tocopherol, carotene, phenolic contents and antibacterial properties of rose essential oil, hydrosol and absolute. *Springer Science Business*, 554-558.
- Verma, R. S., Padalia, R. C., Chauhan, A., Singh, A., & Yadav, A. K. (2011). Volatile constituents of essential oil and rose water of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) cultivars from North Indian hills. *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, 25(17), 1577-1584. doi:10.1080/14786419.2010.520162
- Vukosavljev, M., Zhang, J., Esselink, G. D., Van t' Westende, W. P., Cox, P., Visser, R. G., . . . Smulders, M. J. (2013). Genetic diversity and differentiation in roses: a garden rose perspective. *Scientia Horticulturae*, 320-332. doi:10.1016/j.scienta.2013.08.015

Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación . *Cultivos Tropicales*, 25(2), 53-67.

Yousefi, B., & Jaimand, K. (2018). Chemical variation in the essential oil of Iranian *Rosa damascena* landraces under semi-arid and cool conditions. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(1), 81 - 92.
doi:10.22059/ijhst.2018.256329.234

Yunge, R. (2011). Hidrodestilación continua de aceite esencial de *Thymus vulgaris* L. (Tesis de magíster). Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Anexos

Anexo 1. Cultivos de rosas de la Florícola San Luis



Elaborado por: Las autoras, 2019

Anexo 2.1 Material vegetal fresco



Elaborado por: Las autoras, 2019

Anexo 3. Proceso de hibridación en *Rosa*

2.1 Polen de variedades de *Rosa*



Elaborado por: Las autoras, 2019

2.2 Hibridación en *Rosa*



Elaborado por: Las autoras, 2019

Anexo 4. Pesaje del material vegetal variedad A 046



Elaborado por: Las autoras, 2019

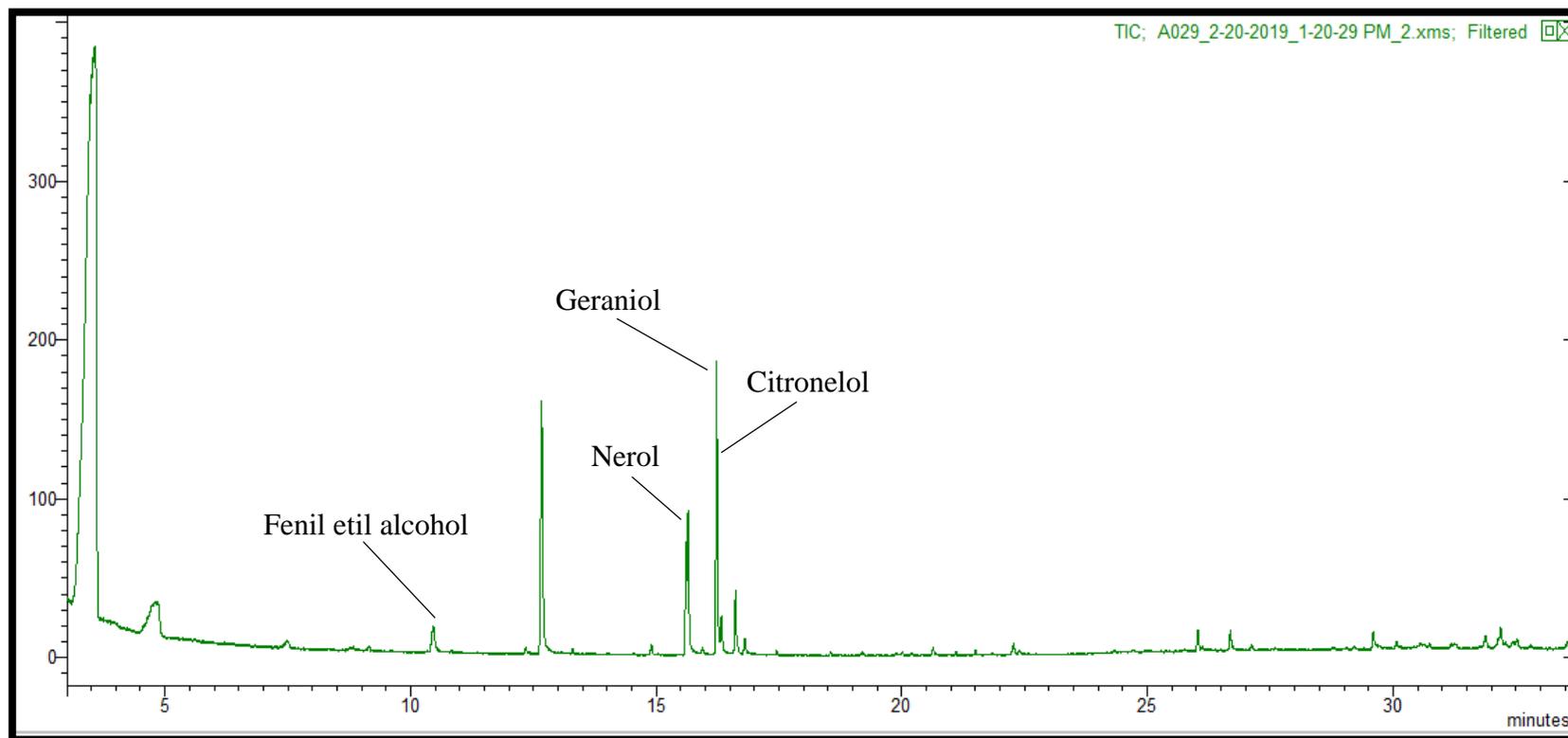
Anexo 5. Equipo de cromatografía de gases acoplado a masas (GC-MS)



Elaborado por: Las autoras, 2019

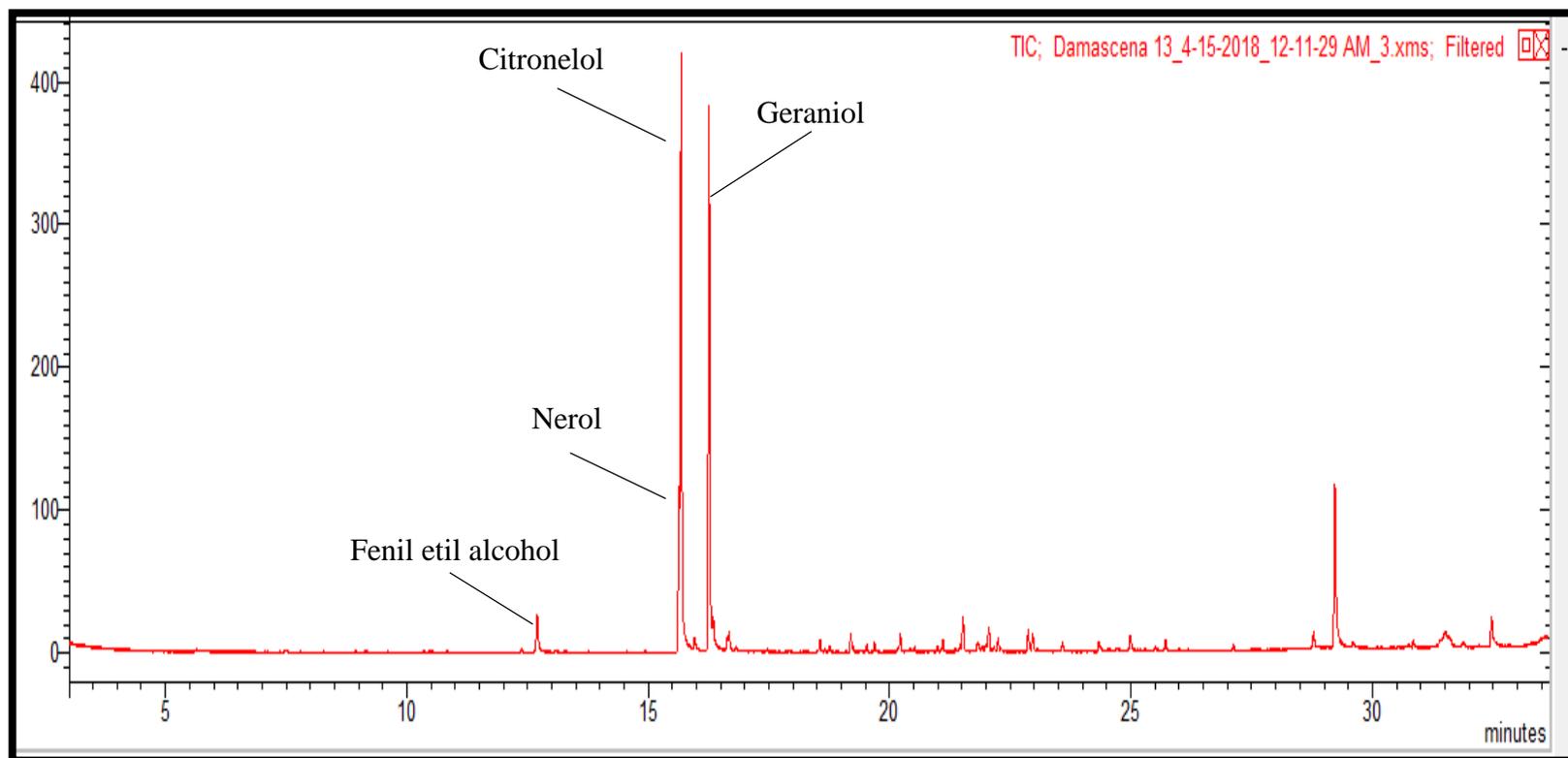
Anexo 6. Cromatogramas de gases de los aceites esenciales de las variedades de Rosas

5.1 Cromatograma de gases de la muestra del aceite esencial de la variedad A 029 perteneciente al grupo de rosas Arbustiva



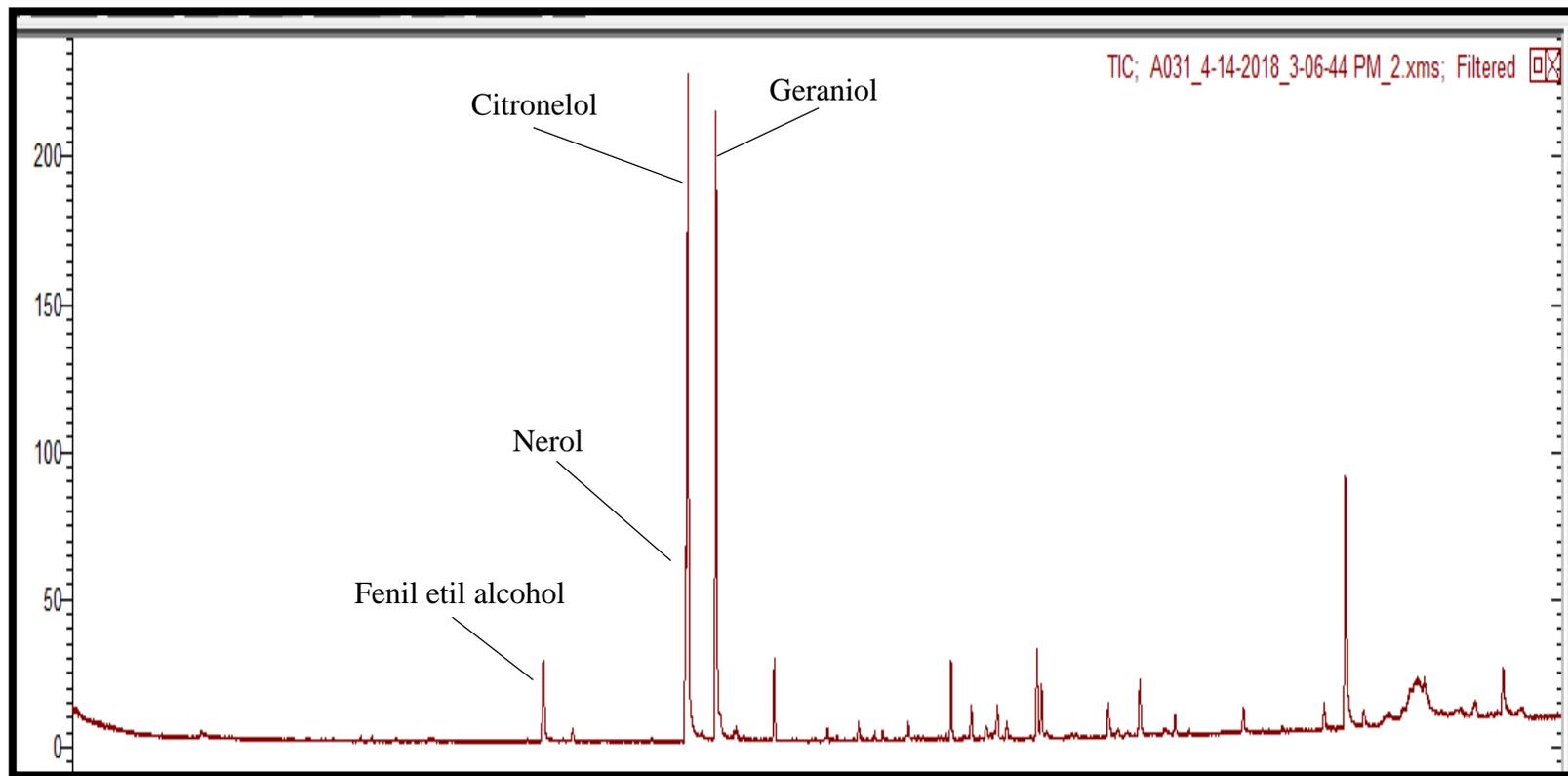
Elaborado por: Las autoras, 2019

5.2 Cromatograma de la muestra del aceite esencial de la variedad *Rosa damascena*



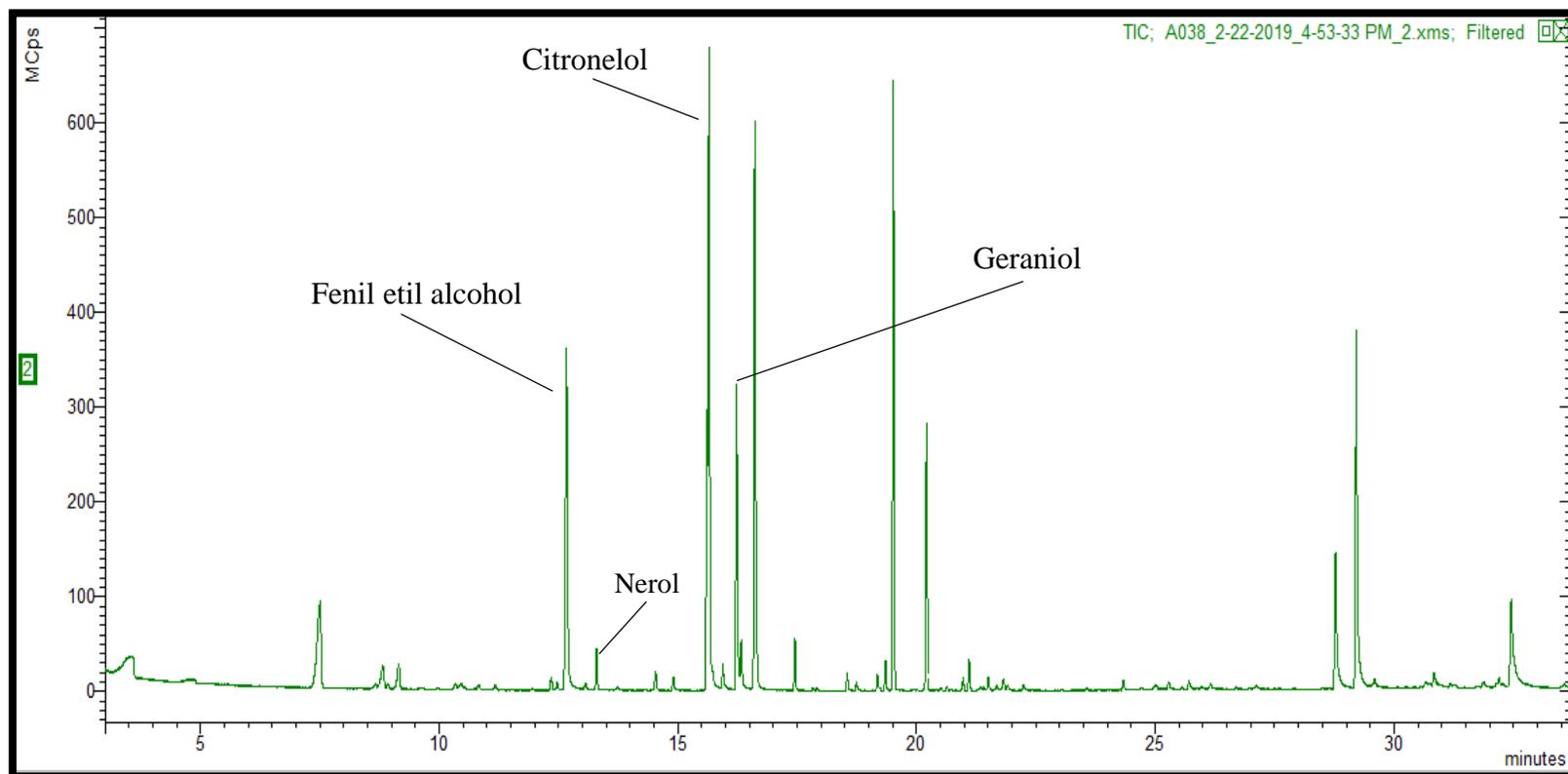
Elaborado por: Las autoras, 2019

5.3 Cromatograma de la muestra de aceite esencial de la variedad A 031 perteneciente al grupo de rosas Bourbon



Elaborado por: Las autoras, 2019

5.4 Cromatograma de la muestra del aceite esencial de la variedad A 038 perteneciente al grupo de rosas Musgoso



Elaborado por: Las autoras, 2019