

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO E
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

TEMA:

**VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES
ESENCIALES DE CÚRCUMA (*Curcuma longa*), HIERBA
LUISA(*Cymbopogon citratus*) Y JENGIBRE (*Zingiber officinale*) EN FUNCIÓN
DEL TIPO DE SUELO DE LA ZONA DE CULTIVO DE LAS ESPECIES
VEGETALES EN LAS PROVINCIAS DE SANTA ELENA, GUAYAS, LOS
RÍOS, BOLIVAR, COTOPAXI, TUNGURAHUA, CHIMBORAZO, MORONA
SANTIAGO Y PASTAZA.**

AUTORES:

FREDY EDUARDO ALTAMIRANO CAMPAÑA

KATHERINE JAZMÍN VÁSQUEZ LARA

TUTOR:

CHRISTIAN FABRÍCIO LARENAS URÍA

Quito, Abril del 2016

Cesión de derechos de autor

Nosotros Fredy Eduardo Altamirano Campaña y Katherine Jazmín Vásquez Lara, con documentos de identificación N° 1722660204 y N° 1712590668 respectivamente, 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 grado intitulado “Variación de la composición química de los aceites esenciales de cúrcuma (*Curcuma longa*), hierba luisa(*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función del tipo de suelo de la zona de cultivo de las especies vegetales en las provincias de Santa Elena, Guayas, Los Ríos, Bolívar, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Morona Santiago y Pastaza”, mismo que se ha desarrollado para optar por el título de ingeniero e ingeniera 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.

f: 

Fredy Eduardo Altamirano Campaña

CI: 1722660204

Abril 2016

f: 

Katherine Jazmín Vásquez Lara

CI: 1712590668

Abril 2016

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, Variación de la composición química de los aceites esenciales de cúrcuma (*Curcuma longa*), hierba luisa(*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función del tipo de suelo de la zona de cultivo de las especies vegetales en las provincias de Santa Elena, Guayas, Los Ríos, Bolívar, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Morona Santiago y Pastaza, realizado por Fredy Eduardo Altamirano Campaña y Katherine Jazmín Vásquez Lara, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Abril 2016

f: 

Christian Fabricio Larenas Uría

CI: 1705586046

Dedicatoria

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi formación profesional. A mi madre, por su apoyo incondicional y por ser el pilar fundamental de mi vida quien siempre luchó por mi bienestar y me enseñó a enfrentar la vida con fortaleza y luchar por mis sueños, a mis abuelitos, Humberto y María Hermiña, por todo su amor y aunque ya no estén son mis ángeles que me cuidan siempre, a mi familia; Geova, Jorge y Vicky, por su apoyo en todo momento su compañía y amor, a mi negra por ser mi compañera fiel sobre todo en mis noches de desvelo y a mi padre que a pesar a de todo sé que me cuida y me acompaña desde el cielo. A todos mis amigos, que han estado presentes durante todo este duro camino y en toda circunstancia especialmente a mi peque por ser la persona que siempre confió en mí y cada vez que creía no poder más me alentaba y me daba las fuerzas necesarias para seguir adelante.

Gracias a todos por compartir mi felicidad al cumplir esta meta.

Kate Vásquez

Dedicatoria

Dicen que las cosas que valen la pena tardan en llegar, que no es cuestión de evitar caerse, sino más bien saberse levantar, que en el camino te encuentras dificultades que debes sortear, se dice que la perseverancia lleva al éxito y que cada esfuerzo vale la pena, que no hay imposibles y que todo lo que uno se propone al final lo llega a lograr.

Por eso y por mucho más dedico este logro a mi familia, que no dejo de confiar en mí, en especial a mi mamá, que me enseñó que resbalón no es caída y a mi papá, que me brindó una segunda oportunidad; a mis amigos, que me acompañaron en las buenas y malas, que estuvieron ahí para reír y también para llorar; a mis abuelitos, por su cariño y apoyo en cada paso que di, en especial a mi abuelito Luis Aníbal, que sé que desde donde está, hubiese querido acompañarme en este momento.

“El camino no termina aquí, el camino recién empieza”.

Freddy Altamirano

Agradecimientos

A nuestros colegios que nos dieron las bases necesarias para encaminarnos hacia la consecución de las metas y objetivos trazados.

A la Universidad Politécnica Salesiana por haber sido nuestro segundo hogar y donde hemos adquirido todos los conocimientos que nos permitirán ser unos buenos profesionales.

A nuestro tutor de Tesis Christian Larenas Uría que nos brindó la oportunidad de trabajar a su lado y nos dio su apoyo en toda la ejecución del proyecto.

A todos nuestros maestros que a lo largo de la carrera nos compartieron sus conocimientos y que gracias a ello podemos culminar nuestra formación profesional. Hacemos mención especial a aquellos maestros que no solo fueron nuestros mentores sino también nuestros amigos, y aquellos que fueron una guía para solventar cualquier inquietud: Msc. Rosita Espinoza, Msc. Wilson Tapia, Msc. Daniel Acurio, Msc. Jans Beltran, PhD. Paco Noriega, Msc. Laura Huachi, Msc. Hernán Ayala, Msc. Diana Calero, PhD. Marco Cerna, Lcda. Germania Karolys, Msc. Tatiana Mosquera.

Al CIVABI y todos sus colaboradores, en especial a: Ing. Edison Osorio, Ing. Erika Paredes e Ing. Marco Ibarra por su paciencia e incondicional colaboración durante todo el proceso de elaboración del proyecto.

A nuestros padres por habernos brindado la oportunidad de educarnos y cumplir con uno de los objetivos más anhelados por ellos.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Marco conceptual	4
1.1 Aceites Esenciales	4
1.2 Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	9
1.3 Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>).....	12
1.4 Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).....	14
1.5 Quimiotipo.....	16
1.6 Suelo	18
Capítulo 2: Materiales y métodos	20
2.1. Recolección de Muestras	20
2.2. Obtención de Aceites Esenciales.....	21
2.3. Análisis Físicos y Químicos de los Aceites Esenciales.....	22
2.4. Análisis de Suelos	23
2.4.1 Determinación de Humedad	23
2.4.2 Tamizado	23
2.4.3 Determinación de Materia Orgánica.....	24
2.4.4 Determinación de Conductividad y pH	24
2.4.5 Determinación de Hierro y Potasio.....	24
2.5. Elaboración del Mapa Georreferencial.....	26
2.6 Análisis Estadístico	27
Capítulo 3: Resultados y discusión	28
3.1 Muestreo y Levantamiento de Datos.....	28
3.2 Análisis Físico y Químico de los Aceites Esenciales.....	31
3.3 Análisis Físico Químico del Suelo	34
3.5 Discusión	48
Conclusiones	53
Referencias.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Datos Obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Sierra.....	27
Tabla 2. Datos Obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Oriente.....	28
Tabla 3. Datos Obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Costa.....	29
Tabla 4. Datos correspondientes al Análisis Físico-Químico de los Aceites Esenciales	30
Tabla 5. Datos Correspondientes al Análisis Físico-Químico de Suelos.....	32
Tabla 6. Kruskall-Wallis – Geranial – hierba luisa.....	38
Tabla 7. Kruskall-Wallis – Neral – hierba luisa.....	39
Tabla 8. Kruskall-Wallis – Pineno – hierba luisa.....	40
Tabla 9. Kruskall-Wallis – zingibereno – jengibre.....	41
Tabla 10. Kruskall-Wallis – canfeno – jengibre.....	42
Tabla 11. Kruskall-Wallis – betafelandreno –jengibre.....	42
Tabla 12. Test de permutación acc general.....	43

Índice de Figuras

Figura 1: Distribución de las Muestras según el Tipo de Suelo.....	37
Figura 2: Análisis de Correspondencia Canónica para las Muestras de Hierba Luisa.....	44
Figura 3: Análisis Multivariado de Componentes Principales para Hierba Luisa.....	45
Figura 4: Análisis Multivariado de Componentes Principales para Hierba Luisa.....	46

Índice de anexos

Anexo 1. Resultados del análisis de Nitrógeno	70
Anexo 2. Tabla general de resultados	72
Anexo 4. Mapa de tipos de suelos del Ecuador.....	74
Anexo 5. Cromatograma con mayor rendimiento en Hierba Luisa.....	75
Anexo 6. Cromatograma con mayor cantidad de Neral en Hierba Luisa.....	76
Anexo 7. Cromatograma con mayor cantidad de Geranial en Hierba Luisa.....	77
Anexo 8. Cromatograma con mayor cantidad de Pineno en Hierba Luisa	78
Anexo 9. Cromatograma con mayor rendimiento en Jengibre.....	79
Anexo 10. Cromatograma con mayor cantidad de componentes principales en Jengibre	80
Anexo 11. Cromatograma de Cúrcuma	81
Anexo 12. Aceites esenciales envasados.....	82

Resumen

Esta investigación busca analizar la variación de la composición química de los aceites esenciales de: cúrcuma (*Curcuma longa*), hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función al tipo de suelo y las variables climáticas de la zona de cultivo de las especies vegetales en las regiones Costa, Sierra y Oriente del sector central del Ecuador; se usó métodos de análisis físico y químicos para determinar: tipo de suelo, pH, conductividad, humedad, materia orgánica y macronutrientes (K,Fe,N,P); los aceites esenciales fueron extraídos por la técnica de arrastre de vapor y se obtuvo los perfiles cromatográficos de cada especie usando la técnica de cromatografía de gases acoplado a masas GC-MS. Los datos crudos obtenidos fueron analizados mediante pruebas estadísticas de correspondencia canónica, Kruskal- Wallis, análisis de conglomerados y componentes principales PCA, como datos relevantes del estudio se encontró que el mayor rendimiento y la mayor cantidad de componentes principales para el aceite esencial de hierba luisa corresponden a muestras de la región Costa, para el jengibre y cúrcuma corresponden a muestras de la región Oriente. En base a todos los análisis realizados en esta investigación se concluye que tanto las variables climáticas como el tipo de suelo sí influyen en la composición química de los aceites esenciales.

Palabras clave: aceite esencial, composición química, variables climáticas, tipo de suelo, química de suelos.

Abstract

This research analyze the variation of the chemical composition of essential oils: Turmeric (*Curcuma longa*), Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and Ginger (*Zingiber officinale*) according to soil type and climatic variables in the area of culture plant species in Coast, Sierra and Eastern regions of the central sector of Ecuador; methods of chemical and physical analysis was used to determine the type of soil, pH, conductivity, moisture, organic matter and nutrients (K, Fe, N, P); essential oils were extracted by the technique of steam and the chromatographic profiles were obtained using the technique of gas chromatography coupled to mass GC-MS. Raw data obtained were analyzed by statistical matching tests canonical, Kruskal - Wallis, cluster analysis and principal components PCA, as relevant data from the study found that higher performance and greater number of key components for the essential oil of Lemongrass correspond to samples of Coast region, to Ginger and Turmeric correspond to samples of East region. Based on all the analyses carried out in this study, it is concluded that both the climatic variables such as the soil type do influence the chemical composition of the essential oils.

Key words: essential oil, chemical composition, climatic variables, soil type, soil chemistry.

Introducción

El presente proyecto de investigación surge de la necesidad de contribuir al país y la comunidad científica Ecuatoriana con el conocimiento en el área de aceites esenciales de especies aromáticas de interés ancestral e industrial como son: cúrcuma (*Curcuma longa*), jengibre (*Zingiber officinale*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), debido a que actualmente el país no cuenta con información sobre la ubicación geográfica de estos cultivos, ni se ha profundizado en estudios sobre la variación de la composición química del aceite esencial.

Debido a la poca información disponible en el país, nace la necesidad de conocer donde se cultivan estas especies aromáticas de interés particular, además se precisa conocer el ámbito ambiental donde se desarrollan dichos cultivos. Por lo mencionado anteriormente y sumado a la falta de interés por parte del Estado existe muy poco apoyo para los pequeños productores que muy difícilmente logran comercializar los productos derivados de este tipo de cultivos tanto a nivel nacional e internacional, adicionalmente se ha encontrado que los pequeños productores no tienden a compartir la información que ellos poseen.

En la última década, Ecuador ha incrementado el interés en los productos alternativos con capacidad de exportación provenientes de la biodiversidad, como es el caso de los aceites esenciales debido a sus innumerables beneficios, sin embargo no se cuenta con estudios que relacionen la composición química con las variables extrínsecas como son: ubicación geográfica, clima, suelo; variables que en estudios similares han demostrado tener cierto grado de relación (Aguirre, 2003), (Ciccio & Ocampo, 2006) (García, Cadahía, & Conde, 1993).

Las plantas ricas en aceites esenciales han sido usadas desde tiempos ancestrales por las comunidades rurales del Ecuador debido a sus propiedades antiinflamatorias, calmantes, relajantes y bactericidas probadas a través del método tradicional del ensayo y error; tales atributos han hecho que los aceites esenciales de plantas como la cúrcuma, jengibre y hierba luisa sean usados con frecuencia por la población rural (Aguirre, 2003).

El uso de los aceites esenciales se ha vuelto cada vez más generalizado en la industria farmacéutica y de alimentos en el país, debido a que actualmente en Ecuador ya se encuentran empresas comunitarias destinadas a elaborar estos productos por ejemplo Chankuap, Sisacuma, Agrotrading. Actualmente las empresas del sector cosmético y farmacéutico importan casi en su totalidad los aceites esenciales para poder elaborar sus productos finales o intermedios. Existen además microproductores de aceites esenciales que tienen una cuota no considerable o que están en proyectos de prueba, los mismos que proveen del producto tan solo en tiendas naturistas o centros de aromaterapia (Aguirre, 2003).

Ecuador cuenta con una amplia diversidad de especies aromáticas, gran parte de ella en estado silvestre. Muchas de estas son cultivadas de forma artesanal o cosechadas en la naturaleza, sin que existan cultivos sistematizados, que permitan la industrialización de los aceites esenciales garantizando su calidad, requisito indispensable y fundamental para su posterior comercialización, tanto en mercados nacionales como internacionales (Aguirre, 2003).

Con el presente trabajo se busca analizar la variación de la composición química de los aceites esenciales de: cúrcuma (*Curcuma longa*), hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función del tipo de suelo y las variables climáticas de la zona de cultivo de las especies vegetales en las provincias de: Santa Elena, Guayas, Los Ríos, Bolívar, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Morona Santiago, Pastaza; para lo cual se determinará la existencia de al menos dos cultivos de material vegetal para la extracción de cada aceite esencial por provincia, tomando a su vez los datos de las variables bioclimáticas y ubicación geográfica para elaborar un mapa georreferenciado del sitio de muestreo; se realizará análisis físicos y químicos de las muestras del suelo obtenidas y de los aceites esenciales se obtendrá el perfil cromatográfico.

De los resultados obtenidos y analizados estadísticamente se espera comprobar si existe relación entre la composición química y el rendimiento del aceite esencial de cada una de las especies estudiadas en cada punto de recolección, en función de las variables bioclimáticas (humedad, temperatura, altitud) y el suelo (cantidad de: K,Fe,N,P ; tipo de suelo , pH, conductividad).

Por último esta investigación pretende aportar con una base de datos con puntos georreferenciados que permitan a investigaciones futuras tener un punto de partida que favorezca a la obtención de resultados satisfactorios y de gran aporte científico para el país.

Capítulo 1: Marco conceptual

1.1 Aceites Esenciales

El uso de fragancias y aromas se remonta a antiguas civilizaciones en donde su uso jugaba un papel importante en aplicaciones nutricionales, estéticas y espirituales como es el caso de la época Faraónica. Los griegos y romanos hicieron su contribución en el establecimiento de los fundamentos de la destilación, especialmente con la invención del alambique que puede aplicarse tanto para realizar una extracción como destilación. Los musulmanes promovieron grandemente el desarrollo del comercio de la especia y las técnicas de destilación y extracción posteriormente. Desde la preparación inicial de agua destilada en la época medieval, el uso de los aceites esenciales ha experimentado una evolución en el modo de uso y aplicación, pasando a realizar aplicaciones de plantas aromáticas específicas, dicha evolución se da durante el Renacimiento (Li, Sylvie, Tixier, & Chemat, 2014).

El matraz Florentino inventado por Giovanni Battista facilitó la separación de los aceites esenciales del agua, después de realizar el procedimiento convencional de la extracción o destilación. Desde entonces, y más precisamente durante el siglo XVI, la industria de perfumes y aromas experimentó un ascenso en la popularidad de las fragancias, hecho por el cual surgieron muchos perfumistas aclamados y famosos debido a la creación de fragancias tan conocidas y codiciadas como son la esencia de bergamota y el aceite de neroli. Para el siglo XIX ya se contaba con fragancias sintéticas que promovieron el uso extensivo para el siglo XX de los aceites esenciales en las industrias: de aromas, alimenticia, cosmética y farmacéutica (Fulekar, Pathak, & Kale, 2014), (Smadja, 2009).

Los aceites esenciales han jugado un rol protagonista en la medicina tradicional de muchas culturas, prescripciones y recetas a base de aceites esenciales se han encontrado en libros importantes como la Ayurveda, Siddha, Unani, y sobre todo en el sistema tradicional de medicina China (Fulekar, Pathak, & Kale, 2014), (Smadja, 2009).

La fuente de obtención de la gran cantidad de aceites esenciales usados por las distintas industrias transnacionales proviene principalmente de los recursos vegetales que cada país posee. Por tanto existen tratados internacionales que buscan regular la explotación de la biodiversidad de cada país, con la finalidad de preservar los recursos vegetales para beneficio de las futuras generaciones. Dentro del contexto de biodiversidad Ecuador es catalogado como un país megadiverso, ya que posee especies endémicas que no se encuentran en otro lugar del mundo. La superficie de Ecuador (283.560 Km²) es apenas el 0.17% de la superficie de la tierra, a pesar del tamaño dentro del territorio Ecuatoriano se encuentra el 11% de todas las especies de vertebrados terrestres y 18.250 especies de las plantas, ocupando así el tercer lugar del mundo en cuanto al número de plantas se refiere (Sierra, Campos, & Chamberlain, 2000), (Garay, 1997).

Existen alrededor de más de treinta familias de plantas a nivel mundial, de las cuales 3000 especies son la fuente para la extracción de la mayoría de aceites esenciales usados en la industria, dentro de esas 3000 especies 300 de ellas son de importancia comercial. Existe una particularidad en cuanto a la diversidad de características que puede presentar un aceite esencial en función a variables como el lugar o región donde se haya cultivado a la planta, en definitiva se habla de los distintos parámetros bioclimáticos que puedan presentarse durante el desarrollo de la planta de la cual se obtenga el aceite de interés, dicha particularidad se la denomina “quimiotipos” (Duerbeck, 1993), (Devi, Chakrabarty, Ghosh, & Bhowmick, 2015).

Del conjunto de componentes que cada planta posee es de particular interés el estudio de los llamados principios activos, mismos que provienen del metabolismo secundario de las plantas, los metabolitos secundarios centran su acción en proveer una repuesta de carácter química hacia el entorno. Algunos de los principios activos más conocidos se enumeran a continuación: alcaloides, flavonoides, taninos, glucósidos, saponinas, mucílagos, fitoestrógenos, esteroides, principios amargos y ácido salicílico. Los aceites esenciales se encuentran ubicados en las raíces, flores, hojas, frutos, semillas o corteza de la planta, dependiendo del aceite esencial que se requiera este se puede encontrar en una o varias partes de la planta. Los metabolitos secundarios son los responsables de conferir las propiedades biológicas atribuidas tradicionalmente a los aceites esenciales, algunas de estas propiedades son la actividad antimicrobiana, antifúngica, antiviral, antimicótica, antioxidante, antiparasitaria e insecticida (Vankar, 2014), (Baser & Buchbauer, 2010), (Li, Sylvie, Tixier, & Chemat, 2014).

Existen distintas definiciones del término aceite esencial siendo las más importantes: la definición propuesta por la Asociación Francesa de Normalización AFNOR (2015) que menciona que aceite esencial es el producto obtenido de una materia prima de origen vegetal mediante destilación o procesos mecánicos en el caso de los obtenidos de cítricos, o por destilación seca para maderas, otra definición propuesta por Baser & Buchbauer (2010) es: los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos volátiles producidos por organismos vivos y aislado solamente por medios físicos (prensado y destilación) de una planta entera o parte de la planta de origen taxonómico conocido, en general y por tradición se suele referir al término aceite esencial para denotar todos los productos aromáticos o aquellos extractos obtenidos a partir de fuentes naturales.

Sin embargo debido principalmente al avance tecnológico hoy en día es posible encontrar fragancias usadas por la industria de la perfumería compuestas parcialmente de aceites esenciales, siendo la tendencia el uso de fragancias sintéticas (Kattan, 2002).

Existe una dificultad intrínseca al momento de decidir cuál definición se apega más a lo que corresponde al término aceite esencial, debido principalmente a la perspectiva de cada definición sea esta desde el punto de vista químico, botánico o industrial; lo que conlleva a tener una definición que no abarca con totalidad a todas las esencias. Generalizando, aceite esencial es una mezcla de compuestos asociados al metabolismo secundario de una planta, se compone generalmente por terpenos que pueden estar asociados o no a otros componentes, en su gran mayoría volátiles, generando en conjunto el olor característico del vegetal del cual se extrajo.

A menudo es necesario precisar una distinción correcta de los términos que conforman la palabra aceite esencial, con el fin de evitar posibles malas interpretaciones del mismo, el término esencia se define como secreciones naturales exhaladas por distintos órganos de la planta que emiten fragancias percibidas por el olfato. El término aceite denota la naturaleza lipofílica y viscosa de estas sustancias, por otra parte el término esencial significa hermosura y fragancia típica de las plantas. También es importante notar la diferencia entre extractos aromáticos y aceites esenciales. Un extracto aromático suele estar compuesto por al menos una sustancia aromática extraída de una planta o partes de animales usando varios métodos con solventes orgánicos tales como hexano o etanol. Sin embargo, para obtener un aceite esencial se usa agua exógena o endógena como solvente (Li, Sylvie, Tixier, & Chemat, 2014).

En la actualidad existen distintos métodos de extracción dependiendo del tipo de muestra vegetal pero sobre todo, depende del tipo aceite esencial que se quiere obtener.

La muestra a extraer puede tener tratamientos previos, tales como secado, trituración, tratamiento enzimático y otros (Duerbeck, 1993), (Li, Sylvie, Tixier, & Chemat, 2014).

Los aceites esenciales son líquidos aromáticos y aceitosos, incoloros y móviles a temperatura ambiente. Son obtenidos de distintas partes de la planta, como por ejemplo: flores, brotes, semillas, hojas, ramas, cortezas de maderas, frutas y raíces.

Usualmente son más solubles en alcohol o éter que en agua. En muchos casos los aceites esenciales concentran las características aromáticas de las hierbas y especias, por lo cual son más costosos que la especie misma. El espectro de color completo de los aceites esenciales varía de amarillo a marrón oscuro con toda la escala intermedia de colores, excepto el de la manzanilla (Li, Sylvie, Tixier, & Chemat, 2014).

Los aceites esenciales se componen de compuestos con estructuras químicas diversas, que se producen en todas las plantas aromáticas y árboles por la fotosíntesis a través de dos vías; una es la multiplicación de isopreno activado y la otra es la biosíntesis de ácido shikímico. Por lo tanto todos los compuestos de los aceites esenciales pueden dividirse en dos categorías principales, hidrocarburos principalmente el mono, sesqui y di-terpenos; y compuestos alcohólicos oxigenados, óxidos, aldehídos, cetonas, fenoles, ácidos y ésteres-lactonas. Debido a la naturaleza compleja de los aceites esenciales la industria ha especificado una lista de los rangos aceptables de composición para cada uno de los componentes químicos de los aceites esenciales. El análisis usado para evaluar el cumplimiento de la especificación es la cromatografía de gases acoplada a masas GC-MS, permitiendo confirmar no sólo la composición sino también recoger las impurezas y encontrar adulteraciones en la muestra en muchos casos (Clarke , 2009), (Fernandez & Chemat, 2013).

Dado el gran uso que se le da a los aceites esenciales en la industria farmacéutica, es de gran importancia conocer la farmacocinética, es decir el mecanismo de acción de los aceites esenciales basado en la absorción y excreción de las diferentes partes de cuerpo; la absorción se produce a través del olfato, la piel, de orificios y a través de la ingestión (Gras, Barr, & Young, 2008).

1.2 Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

Hierba luisa, hierba limón, limoncillo, caña santa, son algunas de las distintas denominaciones en habla hispana que se usan con mayor frecuencia para denominar a *Cymbopogon citratus*, dichas denominaciones se derivan de del típico olor que se desprende del aceite esencial obtenido de esta planta que recuerda mucho al limón. La hierba luisa es una hierba tropical y subtropical perenne de rápido crecimiento, robusta, de tallos muy ramificados, con hojas aromáticas de hasta 1.5m ricas en compuestos terpénicos, perteneciente a la familia de las poaceas (Skaria, Joy, Mathew, & Mathew, 2006), (Ortiz, Vega, & Tamajón, 2002), (Charles, 2013), (Ross I. , 2005).

El agradable olor que poseen la mayoría de especies del género *Cymbopogon* ha cautivado la curiosidad del hombre, desde la época de los Romanos, Griegos y Egipcios, de ahí la gran cantidad de usos que se le atribuyen, originalmente la planta fue usada como agente saborizante para ciertas comidas en Asia, se la uso también para curar enfermedades siendo mencionada en libros importantes de medicina tradicional o ancestral como el Ayurveda. Las hojas frescas trituradas se utilizan como un agua de baño y para lavar el cabello en la India.

El cultivo sistemático y la destilación del aceite esencial comenzó en Kerala, India, en la década de los 80's (Charles, 2013), (Ortiz, Vega, & Tamajón, 2002).

Cymbopogon citratus florece en condiciones soleadas, cálidas, húmedas características de los trópicos y subtropicos, crece mejor a los 900 y 1250 m sobre el nivel del mar, en las áreas donde la cantidad de lluvia es baja, es necesario proveer al cultivo de irrigación. La temperatura óptima de crecimiento es de 25-30 °C misma que favorece considerablemente a la obtención de aceite esencial, periodos largos por encima de los 30 °C reducen el contenido de aceite esencial. No existe un suelo en específico para su crecimiento sin embargo se ha demostrado que crece mejor en suelos con un pH de 5.5 – 7.5 siendo los suelos ácidos los más indicados. El cultivo de hierba luisa puede tomar alrededor de 7 – 9 meses desde el momento en que se planta hasta la cosecha (Farooqi & Sheeramu, 2001), (Skaria, Joy, Mathew, & Mathew, 2006), (Baser & Buchbauer, 2010).

Se ha reportado que la hierba luisa contiene flavonoides y compuestos fenólicos como: elimicina, catechol, ácido clorogénico, ácido cafético, hidroquinona, luteolina, quercetina, y apigenina. Varios estudios sobre la composición química del aceite esencial de hierba luisa procedente del este de la India, han demostrado que el aceite se compone de: hasta 60% por geranial, hasta 30% de neral, hasta 4% de geraniol, limoneno y linalool. En tanto que el aceite esencial de oeste de la India se compone de hasta 60% por geranial, hasta 30% de neral, hasta 20% de myrceno, y linalool (Matouschek & Stahl, 1991), (Faruq, 1994), (Miean & Mohamed, 2001).

Muchas son los usos que se le han dado tradicionalmente a las hojas y al aceite extraído de la hierba Luisa, de entre los cuales se destacan tratamientos a desórdenes dispépticos, resfriados, condiciones nerviosas y agotamiento.

Con el avance progresivo y exponencial de la tecnología se han realizado estudios más profundos respecto a las actividades biológicas del aceite esencial, algunas de las actividades biológicas más importantes son: actividad antimicrobiana, antibacterial, sedativa, espasmódica, antifúngica, antiinflamatoria, antimutagénica, antimalárica, anticonceptiva, larvicida, carminativa (Viana, Vale, Pinho, & Matos, 2000) (Cavalcanti, Morais, & Lima, 2004), (Tchoumboungang, Zollo, Dagne, & Mekonnen, 2005), (Wannissorn, Jarikasem, & Siriwangchai, 2005), (Adeyene & Agbaje, 2007) (Lee, y otros, 2008), (Viuda-Martos, y otros, 2010), (Bassole, y otros, 2011), (Cliek, Hallmon, & Johnson, 2011), (Costa, y otros, 2011), (Devi, Sim, & Ismail, 2011) (Figueirinha, y otros, 2011), (Khan & Ahmad, 2011), (Kumar P., Mishra, Malik, & Satya, 2011), (Mickiene, Bakutis, & Baliukoniene, 2011), (Avila-Sosa, y otros, 2012) (Ekpenyong, Akpan, & Azah, 2015), (Falcao, y otros, 2012), (Gleiser, Bonino, & Zygado, 2011), (Korenblum, y otros, 2013), (Kumar, Mishra, & Malik, 2013), (Ganjewala, Mittal, Kumar Gupta, Prem, & Dawar, 2010), (Naik, Ahmad, Jaykumar, & Ahmad, 2010), (Reyes-Jurado, Franco-Vega, Ramírez, Palou, & López, 2015), (Sepulvéda, Veloza, Escobar, Orozco, & Lopera, 2013), (Solomon, Gebre, & Asres, 2012) (Tzortzakis & Economakis, 2007), (Vazirian, y otros, 2013), (Smith, y otros, 2014).

Recientes estudios han reportado que éste aceite esencial causa una pérdida de la viabilidad en la formación de las células tumorales gracias a la activación de procesos apoptóticos, revelando así una prometedora actividad anticancerígena. Además se ha reportado una reducción en el nivel de colesterol en sangre, en aplicaciones tradicionales del aceite esencial (Sharma, y otros, 2009), (Costa, y otros, 2011), (Bao, Yuan, Wang, & Lan, 2015).

1.3 Cúrcuma (*Curcuma longa*)

Cúrcuma doméstica o simplemente cúrcuma, son algunas de las denominaciones en habla hispana que más se usan para denominar comúnmente a *Curcuma longa*, la cúrcuma es una planta perenne herbácea, perteneciente a la familia de las Zingiberaceas, se la cultiva principalmente en Asia de donde también es originaria, el clima tropical es óptimo para su crecimiento, puede llegar a crecer hasta 1 metro de altura, tiene hojas oblongas, puntiagudas y flores amarillas en forma de embudo. Los rizomas de cúrcuma longa contienen curcumina, una sustancia de color que forma cristales anaranjados y que contiene aceites esenciales de olor picante (Zhu, 2015), (Sasikumar, Turmeric, 2012), (Agromerica, 2000), (Jayaprakasha, 2005), (Pharmacopoeia Committee of China, 2010), (Aggarwal, 2007).

Desde hace 4000 años la cúrcuma ha sido apreciada en Asia, donde hasta el presente se la considera imprescindible para preparar platos tradicionales de la cocina Thai, se ha usado la cúrcuma como especia para colorear el arroz de ahí que también se la conozca popularmente como especia dorada, además se ha usado como preservante natural de alimentos; en el campo de la medicina su uso ha sido extensivo desde la antigüedad reportándose recetas y preparados sobre todo en la medicina tradicional India (Green , 2007), (Aggarwal, 2007).

El proceso tradicional para el procesamiento de la cúrcuma usada en medicina es la recolección del rizoma en invierno cuando la parte aérea de la planta se ha marchitado, posteriormente se la limpia, hierve, seca y finalmente se prepara el rizoma para suministrarlo en pequeños trozos.

Por otra parte el proceso tradicional para usar la cúrcuma como especia es limpiar, hervir, secar y triturar el tubérculo hasta convertirlo en polvo; la cúrcuma seca es terrosa y un tanto amarga, puede dejar un mal sabor en la boca si se abusa de ella (Aggarwal, 2007), (Green , 2007).

Varios estudios sobre la composición química del aceite esencial de *Curcuma longa* demuestran que contiene una gran variedad de compuestos fitoquímicos, incluyendo una rica fuente de curcuminoides amarillos-anaranjados (curcumina, demethoxycurcumina, bisdemethoxycurcumina), zingibereno, curcumenol, curcumol, eugenol, tetrahydrocurcumina, triethylcurcumin, turmerina, turmerones, y turmeronoles. La cúrcuma contiene 3–5% de aceite esencial volátil, que es obtenido por un proceso de destilación por arrastre de vapor que dura de 8-10 horas (Niranjan, Singh, Dhiman, & Tewari, 2013), (Chattopadhyay, Biswas, Bandyopadhyay, & Banerjee, 2004), (Sasikumar, 2005).

Desde el tiempo de la Ayurveda, siglo IV A.C, han existido una variedad de usos que se le han dado tradicionalmente al tubérculo y al aceite esencial de cúrcuma, los usos que más destacan son los relacionados a la actividad terapéutica que ejerce el principal componente, la curcumina, para aliviar una gran variedad de condiciones y enfermedades, incluyendo a aquellas relacionadas con la piel, pulmones, sistema gastrointestinal, dolores, heridas, esguinces, y trastornos hepáticos. Los estudios extensivos y el desarrollo tecnológico sobre todo en la última mitad del siglo han demostrado el potencial de la cúrcuma en lo que actividad biológica se refiere, siendo las más notables: actividad antiséptica, analgésica, antiinflamatoria, antioxidante, antimalarial, repelente de insecto (Agarwal, Kumar, Srivastava, Agarwal, & Agrawal, 2009), (Gupta, Mahajan, & Sharma, 2015), (Hedge, Haniadka, Alva, Pereira-Colaco, & Baliga , 2013), (Khattak, Rehman, Ullah, Ahmad, & Ahmad, 2005), (Lee, Kim,

Pyun, Fukushima, & Han, 2014), (Luthra, Singh, & Chandra, 2001), (Pyrzanowska, y otros, 2010), (Ramadan, Al-Kahtani, & El-Sayed, 2011), (Ramsewak, De Witt, & Nair, 2000), (Zanwar, Badole, & Mena, 2013), (Niederau & Gopfert, 1999), (Li, Li, Luo, & Huang, 1998), (Tawatsin, Wratten, Scott, Thavara, & Techadamrongsin, 2001), (Saikia, Ryakala, Sharma, Goswani, & Bora, 2006) (Gargantilla, 2011).

Adicionalmente se ha probado que el aceite esencial de cúrcuma tiene efectos terapéuticos que incluyen la reducción del nivel de colesterol en la sangre, supresión de trombosis e infarto de miocardio, supresión de síntomas asociados con diabetes tipo II y esclerosis múltiple, inhibición en la replicación del VIH, incremento de la secreción biliar, protección de daños hepáticos, formación de cataratas, fibrosis pulmonar, prevención de aterogénesis, prevención y tratamiento para el cáncer (Lekshmi, Arimboor, Indulekha, & Menon, 2012), (Soler, y otros, 2000), (Wickenberg, Lindstedt, & Hlebowicz, 2010), (Bar-Sela & Schaffer, 2011), (Aggarwal, B, 2003), (Singh, 2010), (Tayyem, 2006), (Gregory, 2008).

1.4 Jengibre (*Zingiber officinale*)

Zenzero, jengibre, gíngebre, gíngembre son las denominaciones tradicionales en habla hispana más usadas para referirse a *Zingiber officinale*, el jengibre es una planta perenne herbácea, pertenece a la familia de las Zingiberaceas, su rizoma es un tubérculo con disposición horizontal y ramificado, el color característico del tubérculo va de tonos blancos amarillentos hasta café, sus hojas son lanceoladas, el tallo es frondoso y puede llegar a medir 60 cm, la mayor cantidad de cultivos en el mundo se encuentran en Asia de donde también es originaria, los trópicos y subtrópicos son los

climas ideales para el crecimiento adecuado del jengibre (Ross I. , 2005), (Metz & Johns, 1998), (Glover, 2000).

La presencia del jengibre en muchos países del trópico y sub-trópico del continente Americano se debe principalmente a las expediciones realizadas en el siglo XVI por los Españoles, concretamente el jengibre fue introducido en Jamaica; además de América el jengibre tiene presencia en países como Nigeria, Haití y China siendo este último un referente en el uso del jengibre como un ingrediente presente en más de la mitad de la medicina tradicional china. Los usos que se le han dado al jengibre como especia se remontan a la época de los griegos y romanos, en tanto que la cultura china ha usado el jengibre para tratar enfermedades comunes como dolores de estómago, diarrea, náuseas, cólera, sangrados, asma, dolores de cabeza y problemas reumáticos (Glover, 2000), (Metz & Johns, 1998), (Ross I. , 2005).

El jengibre requiere de un clima algo caliente y húmedo, razón por la cual se lo encuentra solamente en trópicos y sub-trópicos, la planta de jengibre requiere de un suelo rico en nutrientes y bien drenado (Ross I. , 2005).

Algunos estudios sobre la composición química del jengibre demuestran que el tubérculo contiene del 4-10% de oleorresina compuesta por compuestos no volátiles como fenoles, de 1-3.3% de grasas y ceras, de 30-70% de aceites volátiles en su mayoría sesquiterpenos y monoterpenos, de 40-60% de carbohidratos principalmente almidón, de 9-10% de proteínas y aminoácidos insaturados, de 6-10% de lípidos y ácidos grasos insaturados. Por otra parte estudios enfocados en la composición del aceite esencial de jengibre han demostrado la siguiente composición: de 10.5-16.6% de zingibereno, de 7.4-12% de e-citral, de 5.3-8.8% de z-citral, de 4.9-7.6% de canfeno, de 0.9-6.5% de ocimeno, de 2.9-9.8% de arcumeno, de 5.1-8.4% de b-

farneseno, de 3.9-5.8% de b-farnesol y de 5.8-7.2% de b-sesquifelandreno (Low Dog, 2005), (Raina, Kumar, & Aggarwal, 2005).

Gracias al avance tecnológico y al creciente interés por las actividades farmacológicas que posee el jengibre se ha demostrado que su aplicación en el campo médico resulta eficiente para tratar desordenes gastrointestinales como nausea y vómito, se lo ha usado también como analgésico, alergénico, anestésico, anti-helmíntico, anti-améxico, anti-alergénico, anti-aterosclerótico, antibacterial, anti-convulsionante, anti-diarreico, anti-edema, antifúngico, anti-hepatotóxico, anti-hiperglicémico, antiinflamatorio, antimutagénico, antioxidante, antiespasmódico, antitumoral, entre otros. Sin embargo los últimos estudios revelan en interés en el uso del jengibre como una alternativa para tratar el cáncer (Ross I. , 2005), (Baliga, y otros, 2013), (Manjeshwar, y otros, 2015) (Kaur, y otros, 2015), (Meliani, Nair, & Bensoltane, 2014), (Valera, y otros, 2015) (Baliga, y otros, 2013), (Prabhakaran, 2013), (Kubra & Jagan, 2012), (Motawi, Hamed, Shabana, Hashem, & Aboul, 2011), (Mukherjee, Mandal, Dey, & Mondal, 2012), (Ross & Zibadi, 2013), (Rahman, Salehin, & Iqbal, 2012), (Sharma & Sharma, 2011), (Shivashankara, y otros, 2013).

1.5 Quimiotipo

En las plantas aromáticas, la composición de los aceites esenciales generalmente varía considerablemente debido a variables intrínsecas (variaciones sexuales, estacionales, ontogenéticas y genéticas) y variables extrínsecas (aspectos ecológicos y ambientales). Las variaciones genéticas pueden resultar en la expresión de diferentes vías metabólicas y, por consiguiente, puede haber variaciones cuantitativas y cualitativas

en la composición del aceite esencial. La calidad del aceite esencial depende de todos estos factores que pueden interferir y también limitar el rendimiento de la planta (Zuzarte & Salgueiro, 2015), (Figueiredo, Barroso, & Pedro, 2008), (Taiz & Zeiger, 2010), (Novak, Lukas, & Franz, 2008).

Existen plantas de la misma especie que son virtualmente idénticas en apariencia, pero los aceites esenciales de ellas obtenidos difieren en sus componentes principales, dicha particularidad se la conoce como quimiotipo, es decir los quimiotipos son variantes que se presentan en la composición química dentro de una misma especie botánica; sin embargo un origen geográfico y botánico diferente también implica cambios significativos en la composición con consecuencias toxicológicas importantes, por lo que la toxicidad de algunos aceites esenciales depende grandemente del quimiotipo (Fletcher & Riley, 2001), (Tisserand & Young, 2014).

Los análisis realizados y las guías publicadas por diversas instituciones tales como: la Farmacopea Europea, la Organización de Estándar Internacional (ISO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) deben seguirse para asegurar la buena calidad de los aceites esenciales comercializados y de las plantas de las que se obtienen. En general, las industrias eligen los quimiotipos de mayor interés comercial, con el fin de obtener productos finales de alta calidad, así como actividades biológicas eficientes. Por tal razón el quimiotipado es fundamental para distinguir de mejor manera a aceites esenciales aparentemente similares (Zuzarte & Salgueiro, 2015), (Figueiredo, Barroso, & Pedro, 2008), (Taiz & Zeiger, 2010).

Las evaluaciones de calidad de los aceites esenciales incluyen evaluaciones sensoriales, pruebas físicas y químicas, y técnicas de cromatografía espectral para análisis de aceites esenciales; destacando la cromatografía de gases acoplada a masas

(GC-MS) como la técnica más popular para la caracterización e identificación de compuestos volátiles complejos. Los aceites esenciales que no han mostrado un aparente beneficio para la salud han sido estudiados recientemente con técnicas de cromatografía para elucidar la composición química de los componentes que no se hayan analizado con anterioridad (Cserhádi, 2010), (Zuzarte & Salgueiro, 2015), (Figueiredo, Barroso, & Pedro, 2008), (Taiz & Zeiger, 2010).

Varias especies como *Thymus spp.*, *Lavandula pedunculata*, *Ferula communis* y *Foeniculum vulgare* son conocidas por tener diferentes quimiotipos, además se las ha nombrado según los principales componentes del aceite esencial. Algunos quimiotipos son comercialmente más relevantes y se hacen referencia en las normas ISO (Zuzarte & Salgueiro, 2015), (Figueiredo, Barroso, & Pedro, 2008).

1.6 Suelo

El suelo ha sido considerado comúnmente como el medio natural para el crecimiento de las plantas. Estudios posteriores han revelado que el suelo está compuesto por capas llamadas horizontes de suelo, que a su vez están compuestos por minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. Por tanto se puede decir que el suelo es la combinación de la influencia del tiempo, el clima, la topografía, los organismos y materiales relacionados (rocas y minerales originarios). Como consecuencia de esta combinación el suelo difiere en textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016) (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1999)

El suelo de Ecuador consta de apropiadamente 12,355.831 hectáreas usadas para actividades agropecuarias, la factibilidad de dichas actividades se encuentra relacionada a la fertilidad del suelo, las regiones Costa y Oriente son los que presentan mayor fertilidad y viabilidad para una gran variedad de cultivos, por otra parte los suelos en la región Sierra tienen un 26% de infertilidad. Datos obtenidos del Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador “SIPAE” muestran que cultivos perennes como hierba luisa, jengibre y cúrcuma, abarcan tan solo el 11.03% de la superficie cultivada en Ecuador. (Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador, 2011).

El territorio continental Ecuatoriano se encuentra dividido en tres regiones principales: Costa, Sierra y Oriente, mismas que difieren en la composición de su suelo. La región Costa tiene los siguientes tipos de suelos: alfisoles, inceptisoles, entisoles y vertisoles, la región Sierra: inceptisoles, andisoles, molisoles, entisoles, base y la región Oriental: inceptisoles, base, oxisoles, entisoles e histosoles. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1999) (IICA - Clirsen, 2016)

Los tres tipos de suelo que abarcan una gran superficie en el territorio Ecuatoriano son: Alfisoles: suelos minerales que presentan un horizonte superficial claro sobre un horizonte argílico; Entisoles: suelos de material mineral primario no consolidado y aportes fluviales y Inceptisoles: suelos minerales con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos, presentan uno o más horizontes de alteración o concentración. (Calvache, 2016)

Capítulo 2: Materiales y métodos

2.1. Recolección de Muestras

Para cumplir con la primera fase del proyecto se realizó una investigación exhaustiva de la producción de los cultivos de estudio en las provincias seleccionadas, se buscó en bases de datos del Ministerio de Ambiente, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Gobiernos Autónomos Descentralizados de cada Provincia, sin tener buenos resultados. Frente a la falta de información a nivel Nacional se procedió a tomar muestras de manera aleatoria en cada provincia, marcando en el mapa los posibles lugares de recolección (se trató en posible que los lugares se encuentren apartados entre sí, para asegurar la variación de los datos recolectados), en cada punto de muestreo se recolectó información primero en los mercados centrales preguntando por los proveedores de los cultivos y como encontrarlos, pero en la mayoría de los casos no poseían esta información o no deseaban proporcionarla, por tal motivo se acudió a domicilios donde se nos permitió tomar las muestras. Se efectuó el siguiente recorrido en cuatro fines de semana tomando en cuenta la disponibilidad del destilador en el laboratorio para evitar el daño de las muestras por tiempo de almacenamiento: Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar (Primer viaje), Pastaza y Morona Santiago (Segundo viaje), Guayas y Santa Elena (Tercer viaje) y finalmente Los Ríos.

Para la toma de muestras se recolectó de manera aleatoria en cada terreno aproximadamente de 3 a 5 kilos de cultivo dependiendo de la posibilidad del dueño, se empacó las muestras primero en periódico amarradas con una piola y se guardó en fundas plásticas con sus respectivas etiquetas con los datos de recolección (lugar, fecha, hora, nombre del proveedor, peso, edad de la planta), se almacenó en un cooler con geles fríos para su conservación; de la misma manera se realizó la toma de muestra del suelo de manera aleatoria en el terreno según la Norma ISO 10381 (2002), se partió de manera equitativa en varios sub-lotes y se seleccionó al azar unos pocos de los cuales se tomó con una pala una porción de suelo y se mezcló en el contenedor, se recogió de éste un aproximado de 2 a 3 kg de suelo, se envolvió en una funda plástica, se etiquetó con los datos correspondientes y de igual manera se almacenó en un cooler.

En cada punto de muestreo se recolectó además datos sobre las variables climáticas temperatura, presión y humedad con un sensor de Humedad y Temperatura; así como también la altitud y coordenadas geográficas con un GPS (Global Positioning System).

2.2. Obtención de Aceites Esenciales

Una vez recolectadas las muestras vegetales se llevaron al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, y se procedió a extraer el aceite esencial en un destilador de 10 kg de capacidad usando la técnica por arrastre de vapor. Para la destilación del producto se fijó un tiempo de 4 horas para hierba luisa y 8 horas para jengibre y cúrcuma.

Una vez transcurrido el tiempo se recolectó el producto en un embudo de separación, se sacó los residuos del destilador y se lavó con agua, jabón y alcohol al 96%, se dejó reposar el producto hasta el día siguiente. Se recuperó el aceite que quedó en la parte superior del embudo de separación se filtró con ayuda de una membrana de filtración de 0,45 micras y una jeringuilla de 10 ml, se midió el volumen obtenido de aceite para obtener el rendimiento, el cual se relacionó en función del volumen final obtenido de aceite esencial y el peso en kilogramos de muestra ingresada al destilador, se guardó en un frasco ámbar con su respectiva etiqueta y se almacenó en refrigeradora para posteriormente realizar los análisis físico-químicos.

2.3. Análisis Físicos y Químicos de los Aceites Esenciales

Los análisis físicos de cada aceite esencial se realizaron por triplicado y con tres repeticiones cada una de las muestras para aportar mayor confiabilidad de los resultados; como primer paso se determinó la densidad relativa por medio de la técnica del picnómetro; se ejecutaron las pesadas con un picnómetro de 1ml en balanza analítica, se registraron los datos con los cuales por diferencias de masas se obtuvo la densidad del aceite esencial.

Por otro lado se efectuó una segunda medición de densidad con un densitómetro electrónico (Mettler Toledo DM 40) al cual se alimentó la muestra de aceite esencial y se registró los datos.

Para la medición del índice de refracción, se utilizó un refractómetro eléctrico (ABBE-REF1) usando como parámetros de medición una temperatura de 20 °C y una muestra de 7µl, se colocó la muestra y se registraron los datos.

El análisis químico se realizó en un cromatógrafo de gases (Varian 3900 Saturn 2100 D); cada muestra se preparó con 1000 µl de Diclorometano como vehículo y con 10 µl del aceite esencial, se lavó la jeringuilla 4 veces con la mezcla preparada y se inyectó en el equipo, se corrió cada muestra en el cromatógrafo de gases por un tiempo de 65 minutos para obtener su respectivo Perfil Cromatográfico.

2.4. Análisis de Suelos

2.4.1 Determinación de Humedad

Para la siguiente fase del proyecto se realizó el análisis de los suelos que al igual que en los análisis anteriores se realizó por triplicado y con tres repeticiones cada una de las muestras para aportar mayor confiabilidad de los resultados, se partió con la medición del porcentaje de humedad mediante la técnica gravimétrica de secado al horno siguiendo la norma NTE INEN 0690 (1982), se usó una estufa a una temperatura de 115°C, en la cual se colocaron las cápsulas de porcelana con 10g de muestra de suelo por un tiempo de 15 horas; se dejó 30 minutos en un desecador para enfriar las capsulas, se procedió a tomar el peso inicial, final y se registraron los datos.

2.4.2 Tamizado

Se pretrató a los suelos realizando un secado a 600g de cada muestra en la estufa a 100°C por 24 horas, se trituró con ayuda de un mortero y se pesó tomando a este como peso inicial. Se usó la técnica del tamiz, usando un equipo compuesto por 7 tamices

(medidas de malla: 10, 20, 40, 60, 140, 325), se colocó la muestra a un tiempo de 2 minutos, se realizaron los pesajes correspondientes y se registraron los datos.

2.4.3 Determinación de Materia Orgánica

Para esta fase del proyecto se utilizó la técnica de gravimetría de secado en mufla siguiendo la norma NTE INEN 0690 (1982), se usó una mufla a 500°C, donde se colocó crisoles de porcelana con 10g de muestra cada uno durante 10 horas, se registraron los pesos iniciales y finales.

2.4.4 Determinación de Conductividad y pH

Para estas pruebas se utilizó un equipo de medición de pH y conductividad electrónico; se mezcló en un vaso de precipitación de 100 ml, 10g de muestra y 20 ml de agua destilada, se agitó el contenido durante 5 minutos y se dejó reposar 30 minutos, se realizó la medición y se registraron los datos.

2.4.5 Determinación de Hierro y Potasio

Para esta fase del proyecto se siguió la norma NTE INEN 0688 (1982) MECANICA DE SUELOS, se utilizó la técnica de Espectrofotometría de Absorción atómica para lo cual se preparó las muestras mediante una digestión ácida con HNO₃ usando 3g de suelo durante 45 minutos, se filtró el producto y se aforó en un balón de 250 ml, de esta solución se tomó una alícuota de 1ml y se aforo en un balón de 50 ml.

Para la medición de Hierro y Potasio se usó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Varian 55), usando estándares de 1ppm, 2,5ppm, 5ppm, 10ppm, 15 ppm para realizar la curva de calibración para cada elemento. Para el caso del potasio se preparó una solución madre con 0,1911 g de Cloruro de Potasio (KCl) con una pureza del 98% para realizar los estándares. Se procedió a la medición de cada muestra y se registraron los datos.

2.4.6 Determinación de Fósforo

Para éste parámetro se siguió la norma NTE INEN 0688 (1982) MECANICA DE SUELOS, se usó la técnica de Olsen's (Benton, 2001), para lo cual se preparó una solución extractora de NaHCO_3 con una pureza del 98%, se disolvió 46,2 g de NaHCO_3 con 1100 ml de agua destilada, luego se pesó 1 g de suelo y se le añadió 20 ml de la solución preparada, se mezcló a 200 rpm por 30 minutos a temperatura ambiente en una plancha de agitación. Después se procedió a filtrar y aforar la mezcla en un balón de 100 ml.

Para la medición de fosfato se dispuso un estándar disolviendo 1,41 g de $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ con una pureza del 98% en 500 ml de agua destilada, con lo cual se realizó estándares de 0,5ppm, 1 ppm, 2 ppm y 4 ppm tomando alícuotas de 25 ul, 50 ul, 100 ul y 200 ul y aforando en balones de 50 ml.

Adicionalmente se usó un kit para determinación de fosfato para preparar tanto las muestras como los estándares; se tomó una alícuota de 2 ml en un vaso de precipitación y se le agregó 5 gotas del primer gotero del kit e inmediatamente 9 gotas del segundo gotero, se

agito y se dejó reposar 15 minutos, inmediatamente se realizó la curva de calibración en el equipo, se ingresó las muestras y se registraron los datos.

2.4.7 Determinación de Nitrógeno

La medición de este parámetro se realizó bajo el Procedimiento Específico de Ensayo PEE LSA- 010 del laboratorio de suelos de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cayambe, que hace referencia a la NORMA UNE 77318:2001 Calidad del suelos. Determinación de nitrógeno en suelo por el método de Kjeldahl modificado; para lo cual se envió 20 g de las muestras al laboratorio de Cayambe donde se realizó el análisis y posteriormente se emitió un informe de resultados.

2.5. Elaboración del Mapa Georreferencial

Para la elaboración del mapa Georeferencial se usó el software libre Q-Gis 2.8 y un mapa base del Ecuador obtenido del portal web del Instituto Geográfico Militar, en cual se ingresaron las coordenadas georreferenciales obtenidas durante el muestreo y se obtuvo un mapa que ubica de manera precisa los lugares de muestreo.

2.6 Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los resultados de todas las pruebas Físico - Químicas tanto de los aceites esenciales como de los suelos se procedió a reunir los datos en una tabla general que se puede observar en el Anexo 2.

Se procedió a realizar los análisis estadísticos con el programa PAST versión 2,17c (Hammer, Harper, Rayan 2001), para lo cual se realizó en primer lugar un Diagrama de conglomerados (Cluster) con los datos de los análisis de suelo determinando cuantos grupos representativos se formaron en función del tipo de suelo; con los datos de la composición química de los aceites esenciales se realizó un Análisis de Varianza (Kruskal-Wallis) con lo que se determinó si existe o no variación respecto a los puntos de muestreo; también se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica con los datos de la composición química de los aceites esenciales en función tanto de las variables bioclimáticas como del tipo de suelo; y finalmente se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con todos los promedios de los datos en general y la composición química de los aceites esenciales.

Capítulo 3: Resultados y discusión

3.1 Muestreo y Levantamiento de Datos

Tabla 1.

Datos obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Sierra

Región	Provincia	Especie Vegetal	Lugar	Propietario	Temperatura	Presión	Altitud	Humedad	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
					C	hPa	m	%		
SIERRA	Cotopaxi	Hierba Luisa	El Toquillal	Darío Chávez	31,1	988,2	220	63,4	9895499	S 00°53'32.6" - W 79°04'49.6"
	Tungurahua	Hierba Luisa	Patate	Floriza Guerra	27,4	781,80	2134	44,1	9854620	S 01°18'50.6" - W 078°30'34.5"
			Río Verde	Olga Sánchez	21,3	849,80	1460	79,7	9844693	S 01°24'12.8" - W 078°17'56.2"
	Chimborazo	Hierba Luisa	Naranjal	Ángel Congache	22,2	837,10	1585	73,1	9787937	S 01°55'02.7" - W 078°59'07.3"
			Jiménez	Juan Rivera	24,3	836,10	1574	68,3	9780473	S 01°59'05.5" - W 078°59'44.4"
	Bolívar	Hierba Luisa	Agua Clara	Fernando Lara	25,1	970,20	366	87	9756927	S 02°11'52.9" - W 079°06'48.7"
			Balsapamba	Antonia Casas	25,1	932,50	696	80,2	9804542	S 01°46'02.9" - W 079°11'16.8"

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015)

Tabla 2.

Datos obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Oriente

Región	Provincia	Especie Vegetal	Lugar	Propietario	Temperatura	Presión	Altitud	Humedad	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
					C	hPa	m	%		
ORIENTE	Pastaza	Hierba Luisa	Mera	José Reinoso	21,1	892,90	1054	93,8	9838346	S 10°27'38.3" - W 078°06'46.2"
			San Jacinto	Alicia Rodas	21,6	908,50	912	87,5	9836161	S 01°28'48.8" - W 078°00'44.5"
	Morona - Santiago	Hierba Luisa	San Juan	Edy Wamputsrik	24,9	913,50	868	80,4	9780493	S 01°59'00.1" - W 077°54'02.1"
			Los Ángeles	Fabiola Machoa	22,7	894,90	1036	74,1	9771273	S 02°03'59.6" - W 077°59'02.1"
		Jengibre	Los Ángeles	Fabiola Machoa	22,7	894,90	1036	74,1	9771273	S 02°03'59.6" - W 077°59'02.1"
		Jengibre	San Juan	Pedro Sanchim	24,9	913,50	868	80,4	9780493	S 01°59'00.1" - W 077°54'02.1"
		Curcuma	San Juan	Pedro Sanchim	24,9	913,50	868	80,4	9780493	S 01°59'00.1" - W 077°54'02.1"

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Tabla 3.

Datos obtenidos a partir de muestreo y levantamiento de datos en la Región Costa

Región	Provincia	Especie Vegetal	Lugar	Propietario	Temperatura	Presión	Altitud	Humedad	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas
					C	hPa	m	%		
COSTA	Guayas	Hierba Luisa	La Guadalupe	Fernando Balda	23,5	1008,05	45	85,2	9852523	S 01°20'02.5" - W 079°52'36.4"
			Nobol	Francisco Ulloa	30,2	1000,90	14	73,4	9887510	S 01°55'19.8" - W 080°00'41.6"
		Jengibre	Nobol	Francisco Ulloa	30,2	1000,90	14	73,4	9887510	S 01°55'19.8" - W 080°00'41.6"
	Santa Elena	Hierba Luisa	Buenos Aires	Omar Villavicencio	26,4	1003,65	63	78,3	9741464	S 02°20'20.3' - W 080°31'19.6"
			Rio Verde	Manuel Pasan	28,3	987,28	59	84,1	9744575	S 02°18'39.1" - W 080°42'16.7"
	Los Ríos	Hierba Luisa	La Sexta	Junior Ruiz	21,6	991,30	183,5	93,5	9936702	S 00°34'20.79" - W 79°22'15.94"
			Quevedo	Nelly Mora	30,4	1002,60	70	78,4	9889077	S 01°00'11.47" - W 79°26'48.83"

Nota: Los datos crudos que forman parte del muestreo y levantamiento de datos provenientes de 17 puntos se distribuyen de la siguiente manera según la especie aromática: Hierba Luisa con dos puntos en cada provincia a excepción de la provincia de Cotopaxi que a pesar del esfuerzo en la búsqueda en varios lugares solo se pudo muestrear en La Mana (El Toquillal); 3 puntos para Jengibre y 1 punto para Cúrcuma. Las coordenadas geográficas de la presente tabla se muestran en el Mapa Georeferencial en el Anexo 3 Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

3.2 Análisis Físico y Químico de los Aceites Esenciales

Tabla 4.

Datos correspondientes al Análisis Físico-Químico de los Aceites Esenciales

CÓDIGO DE LA MUESTRA	ACEITE ESCENCIAL					
	DENS.	IND. REFR.	REND.	NERAL Área	GERANIAL Área	PINENO Área
HL-TOQ-1	0,8825	1,485	0,30	1,82E+07	2,26E+07	7,35E+06
HL-TOQ-1	0,8826	1,484	0,30	1,91E+07	2,40E+07	7,01E+06
HL-TOQ-1	0,8823	1,485	0,30	7,96E+06	1,15E+07	3,89E+06
HL-PAT-1	0,8685	1,482	0,22	2,61E+07	3,06E+07	1,01E+07
HL-PAT-1	0,8683	1,482	0,22	1,70E+07	2,11E+07	7,28E+06
HL-PAT-1	0,8685	1,482	0,22	9,32E+06	4,71E+07	1,48E+07
HL-RVT-1	0,8982	1,483	0,20	8,55E+06	1,11E+07	4,42E+06
HL-RVT-1	0,8980	1,484	0,20	7,75E+06	1,08E+07	3,42E+06
HL-RVT-1	0,8983	1,483	0,20	1,08E+07	1,41E+07	5,42E+06
HL-NAR-1	0,8617	1,481	0,20	7,55E+06	9,71E+06	9,25E+06
HL.NAR-1	0,8620	1,482	0,20	1,15E+07	1,58E+07	9,12E+06
HL-NAR-1	0,8619	1,482	0,20	1,48E+07	1,81E+07	1,31E+07
HL-JIM-1	0,8678	1,483	0,19	3,53E+07	3,82E+07	3,16E+07
HL-JIM-1	0,8673	1,483	0,19	6,75E+07	7,20E+07	5,02E+07
HL-JIM-1	0,8675	1,482	0,19	1,50E+07	8,09E+07	3,55E+07
HL-AGU-1	0,8876	1,481	0,13	1,11E+07	1,06E+07	3,98E+05

HL-AGU-1	0,8871	1,480	0,13	5,91E+06	6,33E+06	5,21E+05
HL-AGU-1	0,8874	1,481	0,13	1,47E+07	1,35E+07	6,43E+05
HL-BAL-1	0,8764	1,482	0,24	5,13E+06	5,41E+06	8,69E+04
HL-BAL-1	0,8760	1,481	0,24	2,02E+07	1,78E+07	7,80E+05
HL-BAL-1	0,8765	1,482	0,24	2,35E+07	2,13E+07	7,89E+05
HL-MER-1	0,8761	1,484	0,20	1,37E+07	1,67E+07	1,00E+07
HL-MER-1	0,8759	1,483	0,20	1,74E+07	2,02E+07	1,50E+07
HL-MER-1	0,8760	1,484	0,20	1,74E+07	2,02E+07	1,50E+07
HL-JAC-1	0,8759	1,479	0,23	7,63E+06	9,09E+06	6,21E+05
HL-JAC-1	0,8759	1,479	0,23	1,64E+07	1,72E+07	1,46E+06
HL-JAC-1	0,8761	1,479	0,23	2,13E+07	2,14E+07	1,12E+06
HL-JUA-1	0,8887	1,480	0,20	2,65E+06	3,27E+06	0,00
HL-JUA-1	0,8885	1,479	0,20	3,03E+06	3,61E+06	0,00
HL-JUA-1	0,8889	1,479	0,20	3,40E+06	4,00E+06	0,00
HL-ANG-1	0,8969	1,482	0,20	1,90E+06	2,31E+06	0,00
HL-ANG-1	0,8968	1,482	0,20	2,39E+06	2,98E+06	0,00
HL-ANG-1	0,8969	1,482	0,20	1,63E+03	2,25E+06	0,00
HL-GUA-1	0,8773	1,488	0,22	7,24E+06	2,75E+05	9,65E+06
HL-GUA-1	0,8770	1,487	0,22	1,24E+07	1,51E+07	2,41E+06
HL-GUA-1	0,8775	1,488	0,22	1,47E+07	1,75E+07	4,07E+06
HL-NOB-1	0,8885	1,480	0,22	5,84E+06	6,94E+06	0,00
HL-NOB-1	0,8881	1,481	0,22	6,95E+06	8,14E+06	0,00
HL-NOB-1	0,8882	1,480	0,22	1,12E+07	1,22E+07	0,00
HL-BUE-1	0,8593	1,485	0,33	3,17E+06	1,30E+03	8,25E+05
HL-BUE-1	0,8591	1,486	0,33	3,99E+06	5,18E+06	1,11E+06

HL-BUE-1	0,8595	1,485	0,33	3,70E+06	4,92E+06	8,81E+05
HL-RVS-1	0,8767	1,485	0,45	8,37E+07	1,30E+07	2,66E+07
HL-RVS-1	0,8762	1,485	0,45	1,93E+07	1,62E+07	2,94E+07
HL-RVS-1	0,8765	1,485	0,45	1,93E+07	1,62E+07	2,94E+07
HL-SEX-1	0,8959	1,476	0,32	3,26E+06	3,84E+08	2,41E+05
HL-SEX-1	0,8955	1,475	0,32	7,33E+06	8,40E+06	2,41E+05
HL-SEX-1	0,8958	1,476	0,32	4,28E+06	4,88E+06	2,41E+05
HL-QUE-1	0,8742	1,484	0,23	3,71E+07	1,27E+07	1,97E+07
HL-QUE-1	0,8741	1,484	0,23	4,09E+07	4,73E+07	2,17E+07
HL-QUE-1	0,8744	1,484	0,23	3,49E+07	4,13E+07	1,88E+07
				ZINGIBERENO	CANFENO	B-SFELANDRENO
J-ANG-1	0,8926	1,48	0,14	3,50E+06	5,37E+06	8,43E+05
J-ANG-1	0,8925	1,481	0,14	3,53E+06	5,51E+06	1,43E+06
J-ANG-1	0,8923	1,48	0,14	3,49E+06	5,20E+06	1,47E+06
J-JUA-1	0,8927	1,48	0,13	3,49E+06	5,20E+06	1,47E+06
J-JUA-1	0,8925	1,48	0,13	3,53E+06	5,51E+06	1,43E+06
J-JUA-1	0,8929	1,481	0,13	3,50E+06	5,37E+06	8,43E+05
J-NOB-1	0,8815	1,483	0,11	1,22E+07	8,90E+06	4,78E+06
J-NOB-1	0,8817	1,483	0,11	1,40E+07	1,51E+07	5,56E+06
J-NOB-1	0,8813	1,482	0,11	1,03E+07	1,01E+07	4,05E+06
				CURCUMENO	ALFA FELANDRENO	CEDRENO
C-JUA-1	0,9224	1,508	0,09	6,49E+05	6,41E+06	3,09E+05
C-JUA-1	0,9225	1,507	0,09	5,92E+05	4,83E+06	2,93E+05
C-JUA-1	0,9222	1,508	0,09	6,13E+05	5,08E+06	7,43E+03

Nota: Los cromatogramas correspondientes al análisis químico de los aceites esenciales se pueden observar en los Anexos 5-11. Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

3.3 Análisis Físico Químico del Suelo

Tabla 5.

Datos correspondientes al Análisis Físico-Químico de Suelos

CÓDIGO DE LA MUESTRA	SUELO										
	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	H. (%)	MAT ORG. (%)	COND	pH	Fe	K	N	P
HL-TOQ-1	86,01	5,84	8,15	2,21	1,69	1,17	5,77	1,39	2,53	0,97	0,36
HL-TOQ-1	86,01	5,84	8,15	2,19	1,67	1,14	5,81	1,41	2,54	0,93	0,36
HL-TOQ-1	86,01	5,84	8,15	2,18	1,65	1,13	5,88	1,40	2,50	0,97	0,55
HL-PAT-1	90,66	4,87	4,47	3,11	1,08	1,92	7,97	0,79	1,03	0,76	1,87
HL-PAT-1	90,66	4,87	4,47	3,10	1,08	1,95	7,99	0,72	0,97	0,70	1,86
HL-PAT-1	90,66	4,87	4,47	3,10	1,08	1,92	7,77	0,73	0,95	0,76	1,86
HL-RVT-1	77,74	6,60	15,66	6,89	3,92	2,90	6,18	1,00	1,28	1,46	2,30
HL-RVT-1	77,74	6,60	15,66	6,86	3,94	2,90	6,18	0,93	1,24	1,47	2,30
HL-RVT-1	77,74	6,60	15,66	6,84	3,95	2,92	6,07	1,00	1,28	1,47	2,30
HL-NAR-1	99,77	0,13	0,10	5,46	5,02	4,76	6,29	1,08	1,29	1,56	1,90
HL-NAR-1	99,77	0,13	0,10	5,48	5,03	4,73	6,34	0,99	1,30	1,58	1,91
HL-NAR-1	99,77	0,13	0,10	5,45	5,01	4,73	6,27	1,02	1,33	1,57	1,90
HL-JIM-1	85,07	6,94	7,99	4,68	3,79	4,91	6,77	1,26	1,36	1,43	2,02
HL-JIM-1	85,07	6,94	7,99	4,71	3,73	4,90	6,77	1,23	1,39	1,42	2,03
HL-JIM-1	85,07	6,94	7,99	4,70	3,78	4,91	6,14	1,24	1,37	1,42	2,03
HL-AGU-1	85,76	7,58	6,67	7,40	3,15	1,89	6,94	1,32	1,10	1,25	1,58

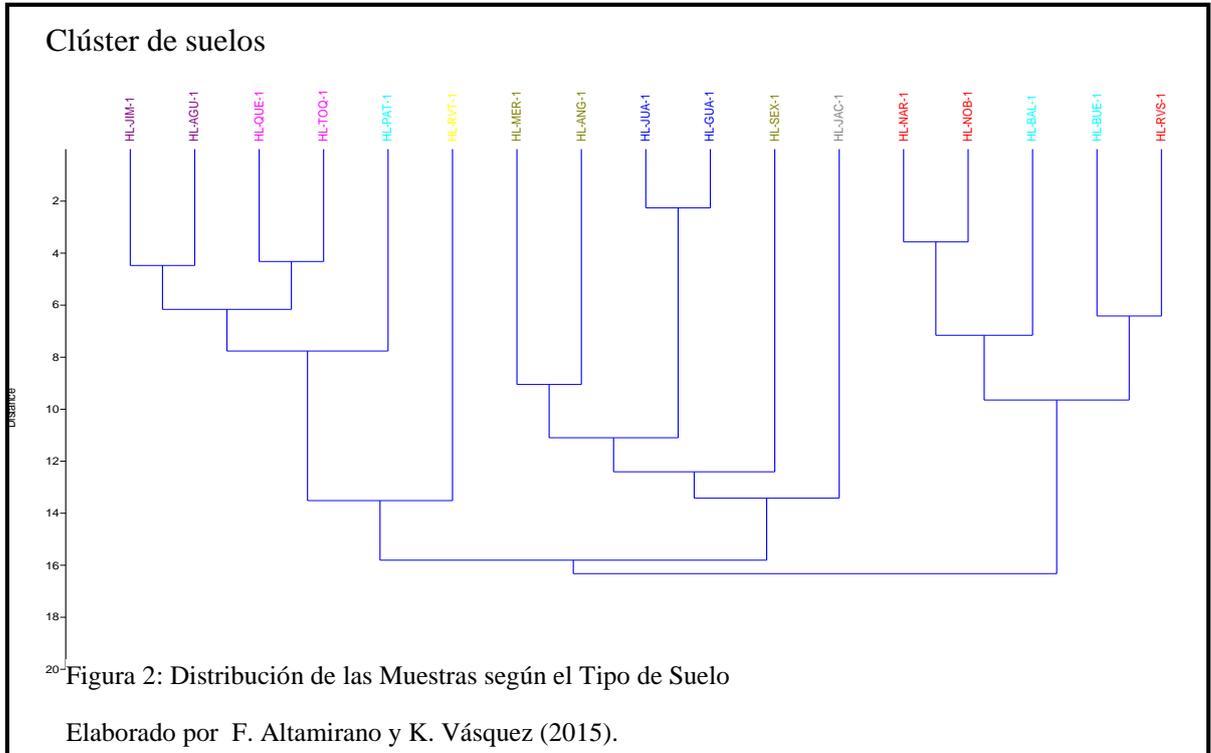
HL-AGU-1	85,76	7,58	6,67	7,43	3,16	1,90	6,95	1,32	1,08	1,27	1,58
HL-AGU-1	85,76	7,58	6,67	7,45	3,16	1,90	6,83	1,31	1,07	1,25	1,58
HL-BAL-1	95,51	4,05	0,44	6,20	3,31	2,12	7,31	1,03	1,30	1,23	2,35
HL-BAL-1	95,51	4,05	0,44	6,24	3,30	2,12	7,33	1,10	1,35	1,27	2,35
HL-BAL-1	95,51	4,05	0,44	6,24	3,30	2,10	7,37	1,05	1,34	1,25	2,35
HL-MER-1	88,57	3,56	7,87	13,77	3,86	2,79	6,14	0,74	0,74	1,58	1,94
HL-MER-1	88,57	3,56	7,87	13,77	3,88	2,79	6,19	0,70	0,74	1,59	1,94
HL-MER-1	88,57	3,56	7,87	13,76	3,88	2,80	6,22	0,78	0,73	1,58	1,94
HL-JAC-1	86,98	12,66	0,36	20,53	5,79	2,31	5,64	1,19	0,92	1,55	1,91
HL-JAC-1	86,98	12,66	0,36	20,56	5,77	2,30	5,66	1,19	0,91	1,56	1,91
HL-JAC-1	86,98	12,66	0,36	20,52	5,78	2,32	5,64	1,20	0,96	1,55	1,91
HL-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,78	4,83	2,04	5,92	1,04	0,71	1,35	2,02
HL-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,72	4,82	2,02	5,93	1,04	0,71	1,35	2,02
HL-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,74	4,81	2,03	5,91	1,02	0,71	1,36	2,02
HL-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,08	11,86	5,77	5,41	1,04	0,74	1,68	1,76
HL-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,06	11,89	5,76	5,43	1,06	0,79	1,67	1,76
HL-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,09	11,89	5,78	5,43	1,07	0,76	1,67	1,76
HL-GUA-1	90,73	9,11	0,15	10,29	6,04	3,82	6,07	1,20	0,83	1,46	2,19
HL-GUA-1	90,73	9,11	0,15	10,26	6,02	3,81	6,08	1,19	0,82	1,48	2,19
HL-GUA-1	90,73	9,11	0,15	10,24	6,04	3,83	6,06	1,18	0,82	1,48	2,19
HL-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,55	2,04	6,44	6,34	0,99	0,94	0,81	1,62
HL-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,58	2,03	6,46	6,39	0,94	0,86	0,76	1,62
HL-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,60	2,05	6,44	6,36	1,03	0,91	0,76	1,62
HL-BUE-1	93,69	6,18	0,13	2,19	1,36	6,11	7,39	0,73	0,53	0,63	2,23
HL-BUE-1	93,69	6,18	0,13	2,22	1,34	6,14	7,37	0,76	0,50	0,63	2,23

HL-BUE-1	93,69	6,18	0,13	2,15	1,33	6,12	7,37	0,77	0,50	0,63	2,22
HL-RVS-1	96,11	3,50	0,39	0,90	1,01	13,63	8,37	1,44	0,11	0,70	1,87
HL-RVS-1	96,11	3,50	0,39	0,90	1,01	13,62	8,36	1,43	0,13	0,70	1,87
HL-RVS-1	96,11	3,50	0,39	0,93	1,00	13,65	8,36	1,45	0,12	0,70	1,87
HL-SEX-1	97,64	2,12	0,23	14,49	8,70	1,16	5,92	1,14	2,55	0,90	2,35
HL-SEX-1	97,64	2,12	0,23	14,51	8,72	1,14	5,91	1,13	2,57	0,93	2,35
HL-SEX-1	97,64	2,12	0,23	14,53	8,70	1,13	5,89	1,14	2,50	0,90	2,35
HL-QUE-1	85,02	8,91	6,07	1,75	1,85	1,24	5,05	1,17	2,54	1,06	2,15
HL-QUE-1	85,02	8,91	6,07	1,74	1,85	1,22	5,03	1,15	2,55	1,06	2,15
HL-QUE-1	85,02	8,91	6,07	1,75	1,89	1,21	5,01	1,16	2,56	1,08	2,15
J-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,08	11,86	5,77	5,41	1,04	0,74	1,68	1,76
J-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,06	11,89	5,76	5,43	1,06	0,79	1,67	1,76
J-ANG-1	88,05	5,55	6,39	15,09	11,89	5,78	5,43	1,07	0,76	1,67	1,76
J-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,78	4,83	2,04	5,92	1,04	0,71	1,35	2,02
J-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,72	4,82	2,02	5,93	1,04	0,71	1,35	2,02
J-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,74	4,81	2,03	5,91	1,02	0,71	1,36	2,02
J-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,55	2,04	6,44	6,34	0,99	0,94	0,81	1,62
J-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,58	2,03	6,46	6,39	0,94	0,86	0,76	1,62
J-NOB-1	99,84	0,09	0,07	5,60	2,05	6,44	6,36	1,03	0,91	0,76	1,62
C-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,78	4,83	2,04	5,92	1,04	0,71	1,35	2,02
C-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,72	4,82	2,02	5,93	1,04	0,71	1,35	2,02
C-JUA-1	90,86	8,92	0,22	9,74	4,81	2,03	5,91	1,02	0,71	1,36	2,02

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

3.4 Análisis Estadístico

Análisis de conglomerados - clúster



El árbol filogenético obtenido mediante el programa estadístico PAST después de realizar un análisis de conglomerados en función al tipo de suelo, muestra los grupos formados de los cuales se tomó en cuenta solamente 3 conglomerados representativos, que se conforman de la siguiente manera:

- Conglomerado 1: Muestras pertenecientes a Jiménez, Agua Clara, Quevedo, Toquillal, Patate y Río Verde Tungurahua.
- Conglomerado 2: Muestras pertenecientes a Mera, Los Ángeles, San Juan, La Guadalupe, La Sexta y San Jacinto.
- Conglomerado 3: Muestras pertenecientes a Naranjal, Nobol, Balsapamba, Buenos Aires y Río Verde Santa Elena.

Análisis de varianza de una sola vía – componentes principales hierba luisa

Tabla 6.

Kruskall-Wallis – Geranial - HL

<p>H (chi^2): 34,39 Hc (tie corrected): 34,39 p(same): 0,004813</p> <p>Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:</p>																	
	HL-TOQ-1	HL-PAT-1	HL-RVT-1	HL-NAR-1	HL-JIM-1	HL-AGU-1	HL-BAL-1	HL-MER-1	HL-JAC-1	HL-JUA-1	HL-ANG-1	HL-GUA-1	HL-NOB-1	HL-BUE-1	HL-RVS-1	HL-SEX-1	HL-QUE-1
HL-TOQ-1		0,3827	0,1904	0,3827	0,08086	0,1904	0,3827	0,6579	0,3827	0,08086	0,08086	0,3827	0,1904	0,08086	0,6579	0,6625	0,3827
HL-PAT-1	1		0,08086	0,08086	0,1904	0,08086	0,1904	0,07652	0,1904	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,07652	0,6625	1
HL-RVT-1	1	1		0,6625	0,08086	0,3827	0,6625	0,07652	0,6625	0,08086	0,08086	0,6625	0,3827	0,08086	0,184	0,6625	0,1904
HL-NAR-1	1	1	1		0,08086	0,3827	1	0,184	1	0,08086	0,08086	0,6625	0,1904	0,08086	1	0,6625	0,3827
HL-JIM-1	1	1	1	1		0,08086	0,08086	0,07652	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,07652	0,6625	0,3827
HL-AGU-1	1	1	1	1	1		0,6625	0,07652	0,3827	0,08086	0,08086	0,6625	1	0,08086	0,184	1	0,1904
HL-BAL-1	1	1	1	1	1	1		1	1	0,08086	0,08086	0,3827	0,6625	0,08086	0,6579	1	0,3827
HL-MER-1	1	1	1	1	1	1	1		1	0,07652	0,07652	0,184	0,07652	0,07652	0,0722	0,6579	0,6579
HL-JAC-1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,08086	0,08086	0,6625	0,1904	0,08086	0,6579	0,6625	0,3827
HL-JUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,08086	0,6625	0,08086	0,6625	0,07652	0,08086	0,08086
HL-ANG-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,6625	0,08086	0,6625	0,07652	0,08086	0,08086
HL-GUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,6625	0,3827	1	1	0,3827
HL-NOB-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,08086	0,07652	1	0,08086
HL-BUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,07652	0,3827	0,08086
HL-RVS-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,6579	0,6579
HL-SEX-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,6625
HL-QUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar una prueba de Kruskal-Wallis, la prueba se la realizó en función a Geranial (componente de la hierba luisa) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba arrojó una probabilidad $p=0,005$ por lo que no supera el alfa 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que establece que la composición química respecto a Geranial de al menos una muestra es estadísticamente diferente del resto de muestras.

Tabla 7.

Kruskall-Wallis – Neral - HL

H (chi^2):		40,03															
Hc (tie corrected):		40,03															
p(same):		0,0007699															
Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:																	
	HL-TOQ-1	HL-PAT-1	HL-RVT-1	HL-NAR-1	HL-JIM-1	HL-AGU-1	HL-BAL-1	HL-MER-1	HL-JAC-1	HL-JUA-1	HL-ANG-1	HL-GUA-1	HL-NOB-1	HL-BUE-1	HL-RVS-1	HL-SEX-1	HL-QUE-1
HL-TOQ-1	1	0,3827	0,3827	0,3827	0,3827	0,6625	0,6579	1	0,08086	0,08086	0,3827	0,1904	0,08086	0,07652	0,08086	0,08086	
HL-PAT-1	1	1	0,1904	0,3827	0,3827	1	1	0,6625	0,08086	0,08086	0,3827	0,1904	0,08086	0,3758	0,08086	0,08086	
HL-RVT-1	1	1	1	0,6625	0,08086	0,6625	0,6625	0,07652	0,6625	0,08086	0,08086	0,6625	0,6625	0,08086	0,07652	0,08086	0,08086
HL-NAR-1	1	1	1	1	0,08086	0,6625	0,6625	0,184	0,3827	0,08086	0,08086	1	0,1904	0,08086	0,07652	0,08086	0,08086
HL-JIM-1	1	1	1	1	1	0,08086	0,3827	0,3758	0,3827	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	1	0,08086	1
HL-AGU-1	1	1	1	1	1	1	0,6625	0,184	0,3827	0,08086	0,08086	0,8248	0,6625	0,08086	0,07652	0,1904	0,08086
HL-BAL-1	1	1	1	1	1	1	1	0,6579	1	0,08086	0,08086	0,6625	0,6625	0,08086	1	0,1904	0,08086
HL-MER-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,07652	0,07652	0,184	0,07652	0,07652	0,0722	0,07652	0,07652
HL-JAC-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,08086	0,08086	0,3827	0,1904	0,08086	0,3758	0,08086	0,08086
HL-JUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,08086	0,08086	0,08086	0,1904	0,07652	0,1904	0,08086
HL-ANG-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,08086	0,08086	0,08086	0,07652	0,08086	0,08086
HL-GUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,1904	0,08086	0,07652	0,1904	0,08086
HL-NOB-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,08086	0,07652	0,3827	0,08086
HL-BUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,07652	0,3827	0,08086
HL-RVS-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,07652	0,6579
HL-SEX-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,08086
HL-QUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar una prueba de Kruskal-Wallis, la prueba se la realizó en función a Neral (componente de la hierba luisa) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba arrojó una probabilidad $p=0,0008$ por lo que no supera el alfa 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que establece que la composición química respecto a Neral de al menos una muestra es estadísticamente diferente del resto de muestras.

Tabla 8.

Kruskall-Wallis - Pineno - hierba luisa

H (chi ²):		48,57															
Hc (tie corrected):		48,85															
p(same):		3,491E-05															
Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:																	
	HL-TOQ-1	HL-PAT-1	HL-RVT-1	HL-NAR-1	HL-JIM-1	HL-AGU-1	HL-BAL-1	HL-MER-1	HL-JAC-1	HL-JUA-1	HL-ANG-1	HL-GUA-1	HL-NOB-1	HL-BUE-1	HL-RVS-1	HL-SEX-1	HL-QUE-1
HL-TOQ-1		0,1904	0,3827	0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,07652	0,08086	0,0636	0,0636	1	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-PAT-1	1		0,08086	1	0,08086	0,08086	0,08086	0,3758	0,08086	0,0636	0,0636	0,1904	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-RVT-1	1	1		0,08086	0,08086	0,08086	0,08086	0,07652	0,08086	0,0636	0,0636	1	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-NAR-1	1	1	1		0,08086	0,08086	0,08086	0,184	0,08086	0,0636	0,0636	0,3827	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-JIM-1	1	1	1	1		0,08086	0,08086	0,07652	0,08086	0,0636	0,0636	0,08086	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-AGU-1	1	1	1	1	1		0,6625	0,07652	0,1904	0,0636	0,0636	0,08086	0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-BAL-1	1	1	1	1	1	1		0,07652	0,3827	0,0636	0,0636	0,08086	0,0636	0,08086	0,07652	0,6428	0,08086
HL-MER-1	1	1	1	1	1	1	1		0,07652	0,05935	0,05935	0,07652	0,05935	0,07652	0,0722	0,05935	0,07652
HL-JAC-1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,0636	0,0636	0,08086	0,0636	0,6625	0,07652	0,0636	0,08086
HL-JUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	0,0636	1	0,0636	0,05935	0,04685	0,0636
HL-ANG-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,0636	1	0,0636	0,05935	0,04685	0,0636
HL-GUA-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,0636	0,08086	0,07652	0,0636	0,08086
HL-NOB-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,0636	0,05935	0,04685	0,0636
HL-BUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,07652	0,0636	0,08086
HL-RVS-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,05935	0,07652
HL-SEX-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,0636
HL-QUE-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar una prueba de Kruskal-Wallis, la prueba se la realizó en función a Pineno (componente de la hierba luisa) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba arrojó una probabilidad $p=0,0000$ por lo que no supera el alfa 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que establece que la composición química respecto a Pineno de al menos una muestra es estadísticamente diferente del resto de muestras.

Análisis de varianza de una sola vía – componentes principales jengibre

Tabla 9.

Kruskall-Wallis - Zingibereno - jengibre

H (chi²): 5,4 Hc (tie corrected): 5,538 p(same): 0,06271			
Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:			
	J-ANG-1	J-JUA-1	J-NOB-1
J-ANG-1		0,8195	0,08086
J-JUA-1	1		0,08086
J-NOB-1	0,2426	0,2426	

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar las pruebas de Kruskal-Wallis, las pruebas se realizaron en función a Zingibereno (componente del jengibre) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba de Kruskal-Wallis arrojó una probabilidad $p=0,0627$ superando el alfa 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula que establece que la composición química respecto a Zingibereno de cada muestra es estadísticamente similar en todas las muestras.

Tabla 10.

Kruskall-Wallis - canfeno - jengibre

H (chi²): 5,4 Hc (tie corrected): 5,538 p(same): 0,06271 Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:			
	J-ANG-1	J-JUA-1	J-NOB-1
J-ANG-1		0,8195	0,08086
J-JUA-1	1		0,08086
J-NOB-1	0,2426	0,2426	

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar las pruebas de Kruskall-Wallis, las pruebas se realizaron en función a Canfeno (componente del jengibre) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba de Kruskall-Wallis arrojó una probabilidad $p=0,0627$ superando el alfa 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula que establece que la composición química respecto a Zingibereno de cada muestra es estadísticamente similar en todas las muestras.

Tabla 11.

Kruskall-Wallis - betafelandreno - jengibre

H (chi²): 5,4 Hc (tie corrected): 5,538 p(same): 0,06271 Mann-Whitney pairwise comparisons, Bonferroni corrected \ uncorrected:			
	J-ANG-1	J-JUA-1	J-NOB-1
J-ANG-1		0,8195	0,08086
J-JUA-1	1		0,08086
J-NOB-1	0,2426	0,2426	

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar las pruebas de Kruskal-Wallis, las pruebas se realizaron en función a B-felandreno (componente del jengibre) y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba de Kruskal-Wallis arrojó una probabilidad $p=0,0627$ superando el alfa 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula que establece que la composición química respecto a Zingibereno de cada muestra es estadísticamente similar en todas las muestras.

Análisis de correspondencia canónica

Tabla 12.

Test de permutación acc general

Axis	Eigenval	p
1	0,198	0,0007999
2	0,02155	0,3076

Nota: Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Se observan los resultados obtenidos después de realizar una prueba de permutación, la prueba se la realizó en función a los componentes principales de Hierba luisa (Geranial, Neral, Pineno), variables bioclimáticas y el suelo de donde se obtuvo la muestra. La prueba arrojó una probabilidad $p=0,0016$ misma que no supera el alfa 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que establece que la composición química del aceite esencial está asociada a las variables bioclimáticas y al tipo de suelo en el que se encuentre la especie aromática.

Análisis de correspondencia canónica para hierba luisa – (suelo-variables bioclimáticas-aceite)

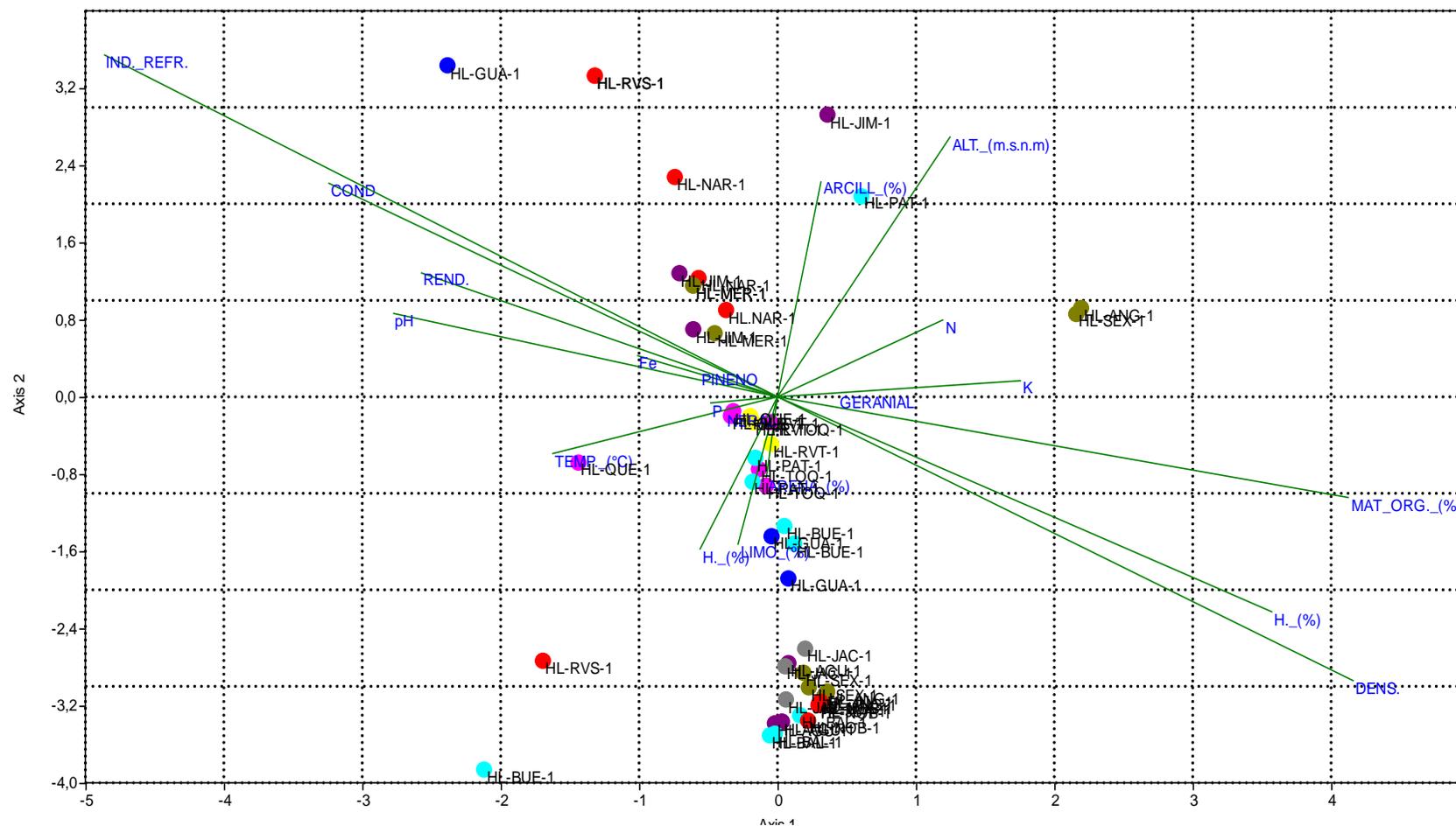
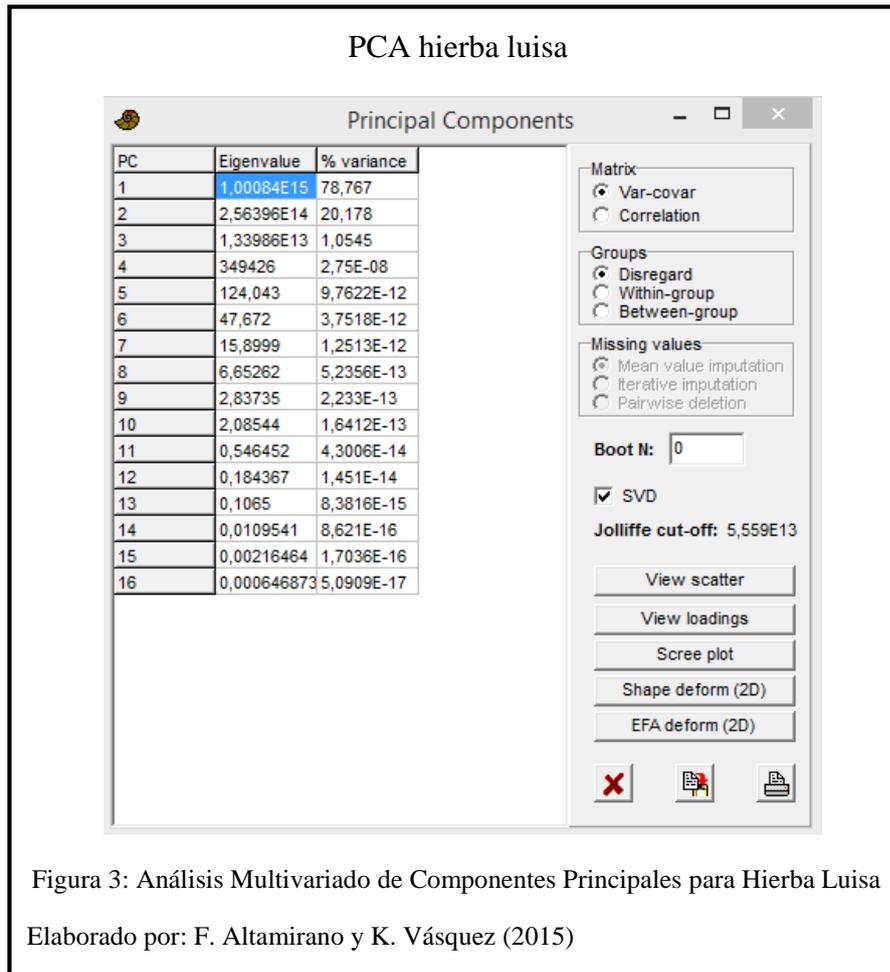


Figura 2: Análisis de Correspondencia Canónica para las Muestras de Hierba Luisa

Elaborado por: F. Altamirano y K. Vásquez (2015)

Análisis de componentes principales



Se observan los resultados obtenidos después de realizar una prueba de Componentes Principales PCA, la prueba se la realizó en función a los componentes principales del aceite esencial de Hierba luisa (Geranial, Neral, Pineno), las variables bioclimáticas y el suelo de donde se obtuvo la muestra. De la prueba se obtuvieron los valores de Eigen mayores que 1 por lo que se considera la existencia de dos componentes principales, entre los dos recogen el 98.95% de la varianza de las variables originales. A partir de esta información se puede realizar el siguiente análisis:

PCA hierba luisa

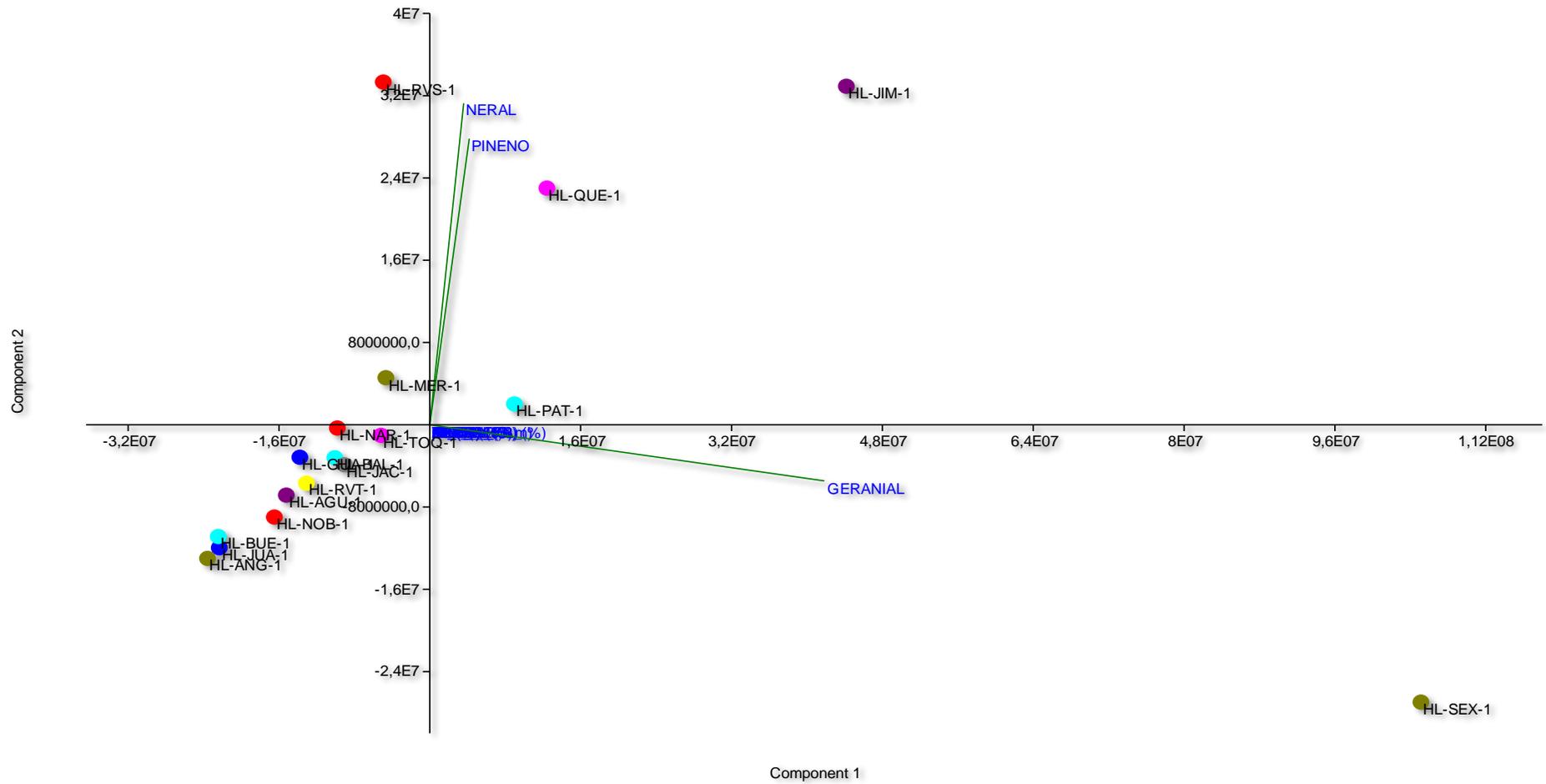


Figura 4: Análisis Multivariado de Componentes Principales para Hierba Luisa

Elaborado por: F. Altamirano y K. Vásquez (2015)

El componente 1 tiene una varianza de 78,77% y el componente 2 tiene una varianza de 20,18%, mismas que sumadas dan una varianza total de 98,95%. Con respecto al componente 1 existen dos muestras con valores mayores en la escala (HL-JIM-1, HL-SEX-1) que referidos a la tabla de datos y corroborados por la gráfica tienen mayor concentración de Geranial. En tanto el componente 2 se distingue dos muestras con valores mayores en la escala (HL-RVS-1, HL-QUE-1) que en referencia a la tabla de datos y corroborados por la gráfica presentan una mayor concentración de Neral y Pineno. Se observa que tanto para el componente 1 y como para el componente 2 existe una similitud en cuanto a 3 muestras que presentan un valor absoluto pequeño (HL-ANG-1, HL-QUE-1, HL-JUA-1) que en referencia a la tabla de datos y corroborados por la gráfica presentan concentraciones pequeñas de Geranial, Neral y Pineno.

En relación al gráfico bidimensional donde en el eje de las ordenadas se encuentra el componente 1 y en el eje de las abscisas se tiene al componente 2, se observa que las muestras que se ubican en el cuadrante superior izquierdo son aquellas que presentan en promedio temperaturas medias, alturas medias, rendimiento bajo, pH neutro, concentración de geranial baja, neral y pineno concentración alta; en el cuadrante superior derecho se ubican muestras con temperaturas altas, altura baja, rendimiento alto, pH ligeramente ácido, concentración de geranial media, neral y pineno concentración alta; en el cuadrante inferior derecho se hallan muestras con temperaturas bajas, humedad alta, rendimiento alto, pH ácido, concentración de geranial alta, neral y pineno concentración baja; finalmente en el cuadrante inferior izquierdo se ubican muestras con temperatura media, altura media, rendimiento bajo, pH ligeramente ácido, concentraciones de geranial, neral y pineno bajas. La escala usada para esta determinación de temperatura, altura, rendimiento y pH de cada

cuadrante está hecha en base a los valores de cada una de las muestras que se ubican en cada cuadrante respectivamente.

3.5 Discusión

La caracterización de la composición de los aceites esenciales extraídos por arrastre de vapor, se lo realizó mediante un análisis de los espectros de masas obtenidos en comparación a la base de datos existente en el software usado en el Cromatógrafo de Gases.

El aceite esencial de hierba luisa reportó un rendimiento promedio de 0,24% en relación a los mililitros obtenidos por kilogramo de muestra, siendo el mayor rendimiento de la muestra perteneciente a Rio Verde de la Provincia de Santa Elena (0,45%) y el menor rendimiento en Agua Clara en la Provincia de Bolívar (0,13%). Los componentes que se encontraron mayoritariamente en promedio son: Neral (24,5%) siendo Buenos Aires en la provincia de Santa Elena (38,81%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente y el menor en La Sexta en la Provincia de Los Ríos (14,12%); Geranial (28,21%) siendo Rio Verde en la provincia de Tungurahua (47,98%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente y el menor en Rio Verde en la Provincia de Santa Elena (4,98%); Pineno (15,64%) siendo La Sexta en la provincia de Los Ríos (38,45%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente, el menor en Buenos Aires en la Provincia de Santa Elena (9,23%) y en la Provincia de Morona Santiago las dos muestras no reportaron presencia de Pineno. Estudios similares realizados por otros autores en *Cymbopogon citratus* reportan cantidades de: Neral (31,15%), Geranial (43,37%) (Meza & Vargas, 2013); Neral (19-22%), Geranial

(33-38%) (Stashenko, Jaramillo, & Martínez, 2003); Neral (32,09%), Geranial (41,22%) (Alvarado, Brito, Sarmiento, Cazar, & Ramirez, 2011).

Para el caso del aceite esencial de jengibre este reportó un rendimiento promedio de 0,13% en relación a los mililitros obtenidos por kilogramo de muestra, siendo el mayor rendimiento de la muestra perteneciente a Los Ángeles de la Provincia de Morona Santiago (0.14%) y el menor rendimiento en Nobol en la Provincia de Guayas (0,11%). Los componentes que se encontraron mayoritariamente en promedio son: Zingibereno (6,51%) siendo Nobol en la provincia de Guayas (11,53%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente y el menor en San Juan en la Provincia de Morona Santiago (3,61%); Canfeno (7,53%) siendo Nobol en la provincia de Guayas (12,46%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente y el menor en San Juan en la Provincia de Morona Santiago (5,61%); Beta-Sesquifelandreno (2,47%) siendo Nobol en la provincia de Guayas (4,88%) el lugar con mayor cantidad de dicho componente y el menor en San Juan en la Provincia de Morona Santiago (0,88%). Estudios similares realizados por otros autores en *Zingiber officinale* reportan cantidades de: Zingibereno (35%), Canfeno (6%) y Beta-sesquifelandreno (10%) (Wright, 1991) (Tisserand & Young, 2014).

Para el caso particular del aceite esencial de *Curcuma longa* no se obtuvo la cantidad de muestras suficientes para realizar un promedio de cada uno de los componentes principales por lo que se reporta los componentes mayoritarios encontrados en una sola muestra: Curcumeno (0.92%), Alfa-Felandreno (8,06%), Cedreno (0,29%). Estudios similares realizados por otros autores en *Curcuma longa* reportan cantidades de: Curcumeno (2.8-3%), Alfa-Felandreno (0.7-12.8%) (Tisserand & Young, 2014).

Según Bandoni (2000) y D'antuono , Galletti, & Bocchini (2000) las variables ambientales y las condiciones agroecológicas del cultivo como época de recolección, edad de la planta, manejo del cultivo en general, sumado a los parámetros en los cuales se realizó la extracción del aceite esencial y sus respectivos análisis, se constituyen como importantes variables con incidencia directa en el Quimiotipo y en el rendimiento de dichos aceites. En lo que respecta a variables agroecológicas los autores mencionan la incidencia sobre el cultivo respecto a cambios morfológicos, fisiológicos e histológicos, por otra parte también se menciona que las condiciones de los procesos utilizados tales como temperatura y tiempo de extracción, temperatura ambiental y cantidad de agua utilizada influyen en la composición química del aceite esencial.

De acuerdo a las variables Bioclimáticas siendo Temperatura y Altura como las más relevantes para este estudio, se encontró que para la variable Altura, en Patate en la provincia de Tungurahua (2134 msnm), la concentración de Neral, Geranial y Pineno es 36.13%, 44.89% y 15.49% respectivamente; mientras que en Nobol de la provincia de Guayas (14 msnm), la concentración de Neral, Geranial y Pineno es 19.46%, 23.11% y 0% respectivamente.

Para la variable Temperatura se encontró que la mayor temperatura (31.1 C) correspondiente a Toquillal en la provincia de Cotopaxi, las concentraciones de Neral, Geranial y Pineno es 34.91%, 47.76% y 16.21% respectivamente; la menor temperatura (21.1 C) correspondiente a Mera en la provincia de Pastaza, las concentraciones de Neral, Geranial y Pineno es 26.85%, 32.85% y 20.49% respectivamente.

De estas observaciones se puede inferir que a mayor altura y temperatura existe una mayor concentración de los componentes principales del aceite de hierba luisa.

En función al tipo de suelo de la zona de cultivo para hierba luisa se obtuvo el mayor rendimiento de aceite esencial en Rio Verde de la provincia de Santa Elena, que presenta un tipo de suelo limoso o franco limoso, amarillo, de pH ligeramente alcalino y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece al orden de los aridisoles; por otro lado el menor rendimiento de aceite esencial se obtuvo en Agua Clara de la provincia de Bolívar, que presenta un tipo de suelo arcilloso, amarillo-claro, rojizo o pardo, con piedras y arena, de profundidad variable, de pH neutro y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece a los órdenes de ustalfs e inceptisoles.

En lo que respecta a componentes principales del aceite esencial de hierba luisa se determinó que la mayor concentración de Neral corresponde a la muestra obtenida de Buenos Aires en la provincia de Santa Elena que presenta un suelo limoso o franco limoso, amarillo, de pH ligeramente alcalino, y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece al orden de los aridisoles; la mayor concentración de Pineno corresponde a la muestra obtenida de La Sexta en la provincia de Los Ríos que presenta un suelo limoso o franco limoso, negros y pardos en zonas húmedas, amarillos en zonas templadas y cálidas, esponjosos, de fertilidad media, rico en materia orgánica, de pH ácido, y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece al orden de los inceptisoles; la mayor concentración de Geranial corresponde a la muestra obtenida de Rio Verde en la provincia de Tungurahua que presenta un suelo limoso a franco limoso, negros y pardos en zonas húmedas, amarillos en zonas templadas y cálidas, esponjosos, de baja

fertilidad, de pH ácido, y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece al orden de los inceptisoles.

En función al tipo de suelo de la zona de cultivo para jengibre se obtuvo el mayor rendimiento de aceite esencial en Los Ángeles de la provincia de Morona Santiago, que presenta un tipo de suelo limoso a franco limoso, negros y pardos en zonas húmedas, amarillos en zonas templadas y cálidas, esponjosos, de baja fertilidad, de pH ácido, y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece al orden de los inceptisoles; por otro lado el menor rendimiento de aceite esencial se obtuvo en Nobol de la provincia de Bolívar, que presenta un tipo de suelo arcilloso, pardo oscuro, con piedras, de profundidad, medianamente profundo, de pH neutro a ligeramente alcalino y que según la clasificación taxonómica de suelos propuesta por la USDA (2010) pertenece a los órdenes de vertisoles e inceptisoles.

En lo que respecta a componentes principales del aceite esencial de jengibre se determinó que la mayor concentración de Zingibereno, Canfeno, Beta-Sesquifelandreno se obtuvo en Nobol en la provincia del Guayas, esto a pesar de que la misma muestra presenta el menor rendimiento de aceite esencial.

Pese a los esfuerzos realizados no fue posible obtener un mayor número de muestras de Cúrcuma por lo que no se realizó una comparativa de los componentes principales en relación a las distintas muestras como ocurre con hierba luisa y jengibre.

El empleo de la prueba estadística de Kruskal-Wallis permitió obtener una visión general sobre la variabilidad existente entre las muestras en análisis y las variables para este estudio, reafirmando con el empleo de la prueba estadística de Correspondencia Canónica que determinó la correlación entre las variables climáticas y las variables del suelo con la composición del aceite esencial.

Conclusiones

Durante la fase de muestreo se ubicó dos lugares por provincia donde se recolectó el material vegetal necesario para llevar a cabo la extracción del aceite esencial requerido para realizar los distintos análisis físico-químicos. Se encontró que la Hierba Luisa se cultiva en casi toda la zona central del país que comprende las regiones Sierra, Costa y Oriente, lo que ayudó significativamente a la recolección de la misma, lo que no sucede con Jengibre y Curcuma ya que son cultivos poco conocidos en el territorio Ecuatoriano. Sin embargo pese a todos los esfuerzos realizados en la provincia de Cotopaxi solo fue posible recolectar la muestra en un solo punto.

Con los datos obtenidos correspondientes a las coordenadas geográficas de cada punto de recolección se realizó un mapa georreferencial, mismo que muestra con precisión el lugar de donde se extrajo la muestra y servirá como una guía referencial para posteriores investigaciones.

Después de los análisis físicos-químicos realizados a las muestras de suelos en función de la composición química de los aceites esenciales de Hierba Luisa y Jengibre, apoyado con el análisis estadístico se concluye que la composición química de los aceites esenciales sí presenta variabilidad en función a la composición físico-química del suelo.

Se obtuvo el perfil cromatográfico de cada uno de los aceites esenciales extraídos el cual muestra la composición química total de cada especie.

En función a lo mencionado con anterioridad en el presente estudio se concluye que tanto las variables climáticas como el tipo de suelo sí influyen en la composición química de los aceites esenciales.

Referencias

- Adeyene, A., & Agbaje, E. (2007). Hypoglycemic and hypolipidemic effects of fresh leaf aqueous extract of *Cymbopogon citratus* Stapf in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, *112*, 440-444.
- Agarwal, R., Kumar, S., Srivastava, S., Agarwal, P., & Agrawal, S. (2009). Therapeutic potential of *Curcuma longa*, the golden spice of India, in drug discovery for ophthalmic diseases. *Expert Opinion on Drug Discovery*, *4*, 147-156.
- Aggarwal, B. (2003). Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. *Anticancer Research*, *23*, 363-368.
- Aggarwal, B. (2007). Curcumin: the Indian solid gold. 1-75.
- Agromerica. (2000). Botánica de los cultivos tropicales.
- Aguirre, D. (2003). Potencialidades de exportación del Ecuador a los países de la Unión Europea en el periodo 1995-2000: El caso de los aceites esenciales. Quito, Ecuador.
- Alvarado, j., Brito, J., Sarmiento, J., Cazar, A., & Ramirez, A. (Junio de 2011). Especialización en Biotecnología Vegetal. *Evaluación de la Actividad Antifúngica de los Aceites Esenciales de Cymbopogon citratus y Eucaliptus globulus ante Colletotrichum sp.* Cuennca, Ecuador. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2547/1/09735.pdf>

- Avila-Sosa , R., Palou, E., Jimenez, M., Nevarez-Moorillon, G., Navarro , A., & Lopez-Malo, A. (2012). Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starchedible films. *153*, 66-72.
- Baliga, M., Latheef, L., Haniadka, R., Fazal, F., Chacko, J., & Arora, R. (2013). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the Treatment and Prevention of Arthritis. *Bioactive Foods as Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases*, 529-544.
- Baliga, M., Shivashankara, A., Haniadka, R., Palatty, P., Aroya, R., & Fayad, R. (2013). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): An Ancient Remedy and Modern Drug in Gastrointestinal Disorders. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease*, 187-199.
- Bandoni, A. (2000). *Los Recursos Vegetales Aromaticos en Latinoamerica*. La plata: Universidad Nacional de la Plata.
- Bao, X.-L., Yuan, H.-H., Wang, C.-Z., & Lan , W. (2015). Polysaccharides from *Cymbopogon citratus* with antitumor and immunomodulatory activity. *Pharmaceutical Biology*, *53*, 117-124.
- Bar-Sela, G., & Schaffer, M. (2011). An Evidence-based Perspective of *Curcuma Longa* (Turmeric) for Cancer Patients. *Media*, 65-84.
- Baser, K., & Buchbauer, G. (2010). *Essential Oils: Science, Technology, and Applications*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
doi:10.1201/9781420063165-c3
- Bassole, I., Lamein-Meda, A., Bayala, B., Obame, L., Ilboudo, A., Franz, C., . . . Dicko, M. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of

- Cymbopogon citratus and Cymbopogon giganteus essential oils alone and in combination. *Phytomedicine*, 18, 1070-1074.
- Benton, J. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. Washington D.C.: CRC Press.
- Calvache, M. (2016). El suelo y la productividad Agrícola. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Cavalcanti , E., Morais, S., & Lima, M. (2004). Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. 99, 541-544.
- Charles, D. (2013). *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Noruega: Springer.
- Chattopadhyay, K., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Curr Sci*, 87, 44-50.
- Ciccio , J., & Ocampo, R. (2006). Variación anual de la composición química de aceite esencial de *Lippia alba* (Verbenaceae) cultivada en Costa Rica. Costa Rica.
- Clarke , S. (2009). Composition of essential oils and other materials. En *Essential Chemistry for Aromatherapy* (pág. 123).
- Cliek, J., Hallmon, C., & Johnson, R. (2011). Efficacy of several commercially formulated essential oils against caged female *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* when operationally applied via an automatic-timed insecticide application system. *Journal of mosquito control association*, 27, 252-255.

- Costa, C., Bidinotto, L., Takahira, R., Salvadori, D., Barbisan, L., & Costa, M. (2011). Cholesterol reduction and lack of genotoxic or toxic effects in mice after repeated 21-day oral intake of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil. *Food Chemical Toxicology*, 49, 2268-2272.
- Cserhádi, T. (2010). Chromatography of aroma compounds and fragrances. 1-389.
- D'antuono, L., Galletti, G., & Bocchini, P. (2000). *Variability of essential oil content and composition of Origanum vulgare L. Populations from a North Mediterranean area (Liguria region, northern Italy)*. Italia: Universidad de Bologna.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (1999). Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. *Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture*, 436.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2010). *Claves para Taxonomía de Suelos* (11 edición ed.). (C. Ortiz, M. Gutierrez, & E. Gutierrez, Trads.) Washington, Estados Unidos: USDA.
- 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* (Vol. 15, págs. 269-278). India: Springer India. doi:10.1007/978-81-322-2262-0_15
- Devi, R., Sim, S., & Ismail, R. (2011). Spasmolytic effect of citral and extracts of *Cymbopogon citratus* on isolated rabbit ileum. 47, 143-156.

- Duerbeck, K. (1993). *The Distillation of Essential Oils, Manufacturing and Plant Construction Handbook*. Eschborn, Alemania: Protrade.
- Ekpenyong, C., Akpan, E., & Azah, N. (2015). Ethnopharmacology, phytochemistry, and biological activities of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf extracts. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 13, 321-337.
- Falcao, M., Fianco, A., Lucas, A., Pereira, M., Torres, F., Vargas, R., & Cassel, E. (2012). Determination of antibacterial activity of vacuum distillation fractions of lemongrass essential oil. *Phychemistry Reviews*, 405-412.
- Farooqi, A., & Sheeramu, B. (2001). *Cultivation of Medicinal and Aromatic Crops, Hyderabad*. India: Universities Press Limited.
- Faruq, M. (1994). TLC technique in the component characterization and quality determination of Bangladeshi lemongrass oil (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.). *J Sci Ind*, 27-38.
- Fernandez, X., & Chemat, F. (2013). *Essential oils: virtues and applications*. Paris: Vuibert.
- Figueiredo, A., Barroso, J., & Pedro, L. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour Frag*, 213-226.
- Figueirinha, A., Neves, B., Garcia-Rodríguez, C., Lopes, M., Cruz, M., Batista, M., & Francisco, V. (2011). *Cymbopogon citratus* as source of new and safe anti-inflammatory drugs: bio-guided assay using lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 818-827.
- Fletcher, J., & Riley, M. (2001). Essential oil composition. *United States Patent*, 1-5.

- Fulekar, M., Pathak, B., & Kale, R. (2014). *Environment and Sustainable Development*. (R. Kale, Ed.) New Delhi, India: Springer. doi:10.1007/978-81-322-1166-2
- Ganjewala, D., Mittal, R., Kumar Gupta, A., Prem, M., & Dawar, R. (2010). Antibacterial Properties of Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Steud) Wats Essential Oils in Single form and Combination of Honey Against Drug Resistant. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 9.
- Garay, H. (1997). *Aceites esenciales: análisis prospectivo del mercado Europeo*. Bogota: Instituto Alexander von Humboldt.
- García, M., Cadahía, E., & Conde, E. (1993). Composición química del aceite esencial de *Eucalyptus rudis* endl. Madrid, España: CIT-INIA.
- Gargantilla, P. (2011). *Breve historia de la medicina: del chamán a la gripe A*. Editorial Nowtilus.
- Gleiser, R., Bonino, M., & Zygado, J. (2011). Repellence of essential oils of aromatic plants growing in Argentina against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, 108, 69-78.
- Glover, D. (2000). Ginger. En *Toxicology and Clinical Pharmacology* (págs. 151-163). Totowa: Humana Press Inc.
- Gras, F., Barr, E., & Young, B. (2008). *How Essential Oils Work*.
- Green, A. (2007). *El Libro de Las Especies: Hierbas Aromáticas y Especies*. Ediciones Robinbook.
- Gregory, P. (2008). Dietary supplements for osteoarthritis. 2, 177-184.

- Gupta, A., Mahajan, S., & Sharma, R. (2015). Evaluation of antimicrobial activity of Curcuma longa rhizome extract against Staphylococcus aureus. *Biotechnology Reports*, 6, 51-55.
- Hedge, K., Haniadka, R., Alva, A., Pereira-Colaco, M., & Baliga, M. (2013). Turmeric (Curcuma longa L.) the Golden Curry Spice as a Nontoxic Gastroprotective Agent: A Review. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease*, 337-348.
- IICA - Clirsen. (2016). Clasificación taxonómica de suelos del Ecuador. Ecuador.
- INEN. (1982). INEN 690 MECANICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA METODO DEL SECADO AL HORNO. Recuperado el 9 de Septiembre de 2015, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0690.1982.pdf>
- Jayaprakasha, G. (2005). Chemistry and biological activities of C. long. *Trends Food Sci Technology*, 16, 533-548.
- Kattan, A. (2002). *Modélo técnico para la elaboración de fitofármacos y derivados de plantas medicinales*. Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Kaur, K., Saxena, A., Haniadka, R., Saldanha, E., D` Silva, P., Ponemone, V., . . . Baliga, M. (2015). Medicinal Benefits of Ginger in Various Gastrointestinal Ailments: Use in Geriatric Conditions. *Foods and Dietary Supplements in the Prevention and Treatment od Disease in Older Adults*, 51-61.
- Khan, M., & Ahmad, I. (2011). In vitro antifungal, anti-elastase and anti-keratinase activity of essential oils of Cinnamomum, Syzygium- and Cymbopogon-

- species against *Aspergillus fumigatus* and *Trichophyton rubrum*. *Phytomedicine*, *19*, 48-55.
- Khattak, S., Rehman, S., Ullah, H., Ahmad, W., & Ahmad, M. (2005). Biological effects of indigenous medicinal plants *Curcuma longa* and *Alpinia galanga*. *Fitoterapia*, *76*, 254-257.
- Korenblum, E., Goulart, F., Rodrigues, I., Abreu, F., Lins, U., Barreto, P., . . . Seldin, L. (2013). Antimicrobial action and anti-corrosion effect against sulfate reducing bacteria by lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil and its major component citral. *AMB Express*, *3*, 44.
- Kubra, I., & Jagan, L. (2012). An Impression on Current Developments in the Technology, Chemistry, and Biological Activities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *52*, 651-688.
- Kumar, P., Mishra, S., & Malik, A. (2013). Housefly (*Musca domestica* L.) control potential of *Cymbopogon citratus* Stapf. (Poales: Poaceae) essential oil and monoterpenes (citral and 1,8-cineole). *Parasitology Research*, *112*, 69-76.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2011). Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the house fly, *Musca domestica*. *Medicin Veterinarian Entomology*, *25*, 302-310.
- Lee, C.-H., Kim, A.-Y., Pyun, C.-W., Fukushima, M., & Han, K.-H. (2014). Turmeric (*Curcuma longa*) Whole Powder Reduces Accumulation of Visceral Fat Mass and Increases Hepatic Oxidative Stress in Rats Fed a High-fat Diet. *Food Science and Biotechnology*, *23*, 261-267.

- Lee, H., Jeong, H., Kim, D., Noh, Y., Yuk, D., & Hong, J. (2008). Inhibitory effect of citral on NO production by suppression of iNOS expression and NF-kappa B activation in RAW264.7 cells. *Arch Pharm Res*, *31*, 342-349.
- Lekshmi, P., Arimboor, R., Indulekha, P., & Menon, A. (2012). Turmeric (*Curcuma longa* L.) volatile oil inhibits key enzymes linked to type 2 diabetes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *63*, 832-834.
- Li, C., Li, L., Luo, J., & Huang, N. (1998). Effect of turmeric volatile oil on the respiratory tract. *23*, 624-625.
- Li, Y., Sylvie, A., Tixier, F., & Chemat, F. (2014). *Essential Oils as Reagents in Green Chemistry*. (K. Sanjay, Ed.) Avignon, Francia: Springer. doi:10.1007/978-3-319-08449-7
- Low Dog, T. (2005). Ginger (*Zingiber officinale*). *Encyclopedia of Dietary Supplements*, 1-18.
- Luthra, P., Singh, R., & Chandra, R. (2001). Therapeutic uses of curcuma longa (turmeric). *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, *16*, 153-160.
- Manjeshwar, B., Latheef, L., Haniadka, R., Fazal, F., Prabhudev, P., Kalekhan, F., & Chacko, J. (2015). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the Treatment of Osteoarthritis: Clinical Observations and Mechanistic Insights. *Food and Dietary Supplements in the Prevention and Treatment of Disease in Older Adults*, 111-117.
- Matouschek, B., & Stahl, B. (1991). Phytochemical study of non volatile substances from *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (Poaceae). *Pharm Acta Helv*, 242-245.

- Meliani, A., Nair, S., & Bensoltane, A. (2014). Cyto-biochemical and Antimicrobial Investigations on Essential Oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17, 1120-1129.
- Metz, C., & Johns, M. (1998). Ginger. En *Toxicology and Clinical Pharmacology of Herbal Products*. Totowa: Humana Press Inc.
- Meza, K., & Vargas, G. (Mayo de 2013). Quito. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6005/1/UPS-QT03735.pdf>
- Mickiene, R., Bakutis, B., & Baliukoniene, V. (2011). Antimicrobial activity of two essential oils. *18*, 139-144.
- Miean, K., & Mohamed, S. (2001). Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *J Agric Food Chem*, 3106-3112.
- Motawi, T., Hamed, M., Shabana, M., Hashem, R., & Aboul, A. (2011). *Zingiber officinale* acts as a nutraceutical agent. *Nutrition and Metabolism*, 8, 40.
- Mukherjee, S., Mandal, N., Dey, A., & Mondal, B. (2012). An approach towards optimization of the extraction of polyphenolic antioxidants from ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3301-3308.
- Naik, M., Ahmad, B., Jaykumar, E., & Ahmad, J. (2010). Antibacterial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against some selected pathogenic bacteria. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 535-538.
- Niederrau, C., & Gopfert, E. (1999). The effect of chelidonium- and turmeric root extract on upper abdominal pain due to functional disorders of the biliary system. Results from a placebo-controlled double-blind study. 425-430.

- Niranjan, A., Singh, S., Dhiman, M., & Tewari, S. (2013). Biochemical Composition of *Curcuma longa* L. Accessions. *Analytical Letters*, 1069-1083.
- Novak , J., Lukas , B., & Franz, C. (2008). The essential oil composition of wild growing sweet marjoram (*Origanum majorana* L., Lamiaceae) from Cyprus - Three Chemotypes. *Journal of Essential Oils*, 339-341.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Marzo de 2016). Portal de Suelos de la FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Ortiz, R., Vega, G., & Tamajón, A. (2002). Instructivo técnico para el cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 89-95.
- Pharmacopoeia Committee of China. (2010). Pharmacopoeia of People's Republic of China. *Chemical Industry Publishers*.
- Prabhakaran, K. (2013). The Biotechnology of Ginger. *The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger*, 375-394.
- Pyrzanowska, J., Piechal, A., Blecharz-Klin, K., Gutowicz, M., Barancyk-Kuzma, A., & Widy-Tyszkiewicz, E. (2010). The influence of long-term administration of *Curcuma longa* extract on antioxidant processes as well as on motor activity in aged rats. *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, 95, 351-358.
- Rahman, S., Salehin, F., & Iqbal, A. (2012). Retraction: In Vitro antioxidant and anticancer activity of young *Zingiber officinale* against. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 206.

- Raina, V., Kumar, A., & Aggarwal, K. (2005). Essential Oil Composition of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Rhizomes from Different Place in India. *Journal of Essential Oil-Bearing*, 8, 187-191.
- Ramadan, G., Al-Kahtani, M., & El-Sayed, W. (2011). Anti-inflammatory and Antioxidant Properties of *Curcuma longa* (Turmeric) Versus *Zingiber officinale* (Ginger) Rhizomes in Rat Adjuvant-Induced Arthritis. *Inflammation*, 34, 291-301.
- Ramsewak, R., De Witt, D., & Nair, M. (2000). Cytotoxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Curcumins I-III from *Curcuma longa*. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 7, 303-308.
- Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramírez, N., Palou, E., & López, A. (2015). Essential Oils: Antimicrobial Activities, Extraction Methods, and Their Modeling. *Food Engineering Reviews*, 275-537.
- Ross, I. (2005). *Medicinal Plants of the World*. Totowa: 507-600.
- Ross, R., & Zibadi, S. (2013). *Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology*. Tuscon, Estados Unidos: Humana Press.
- Saikia, A., Ryakala, V., Sharma, P., Goswani, P., & Bora, U. (2006). Ethnobotany of medicinal plants used by Assamese people for various skin ailments and cosmetics. *Journal of Ethnopharmacology*, 106, 149-157.
- Sasikumar, B. (2005). Genetic resources of *Curcuma*: diversity, characterization and utilization. *Plant Genetics Research*, 3, 230-251.

- Sasikumar, B. (2012). Turmeric. En *Handbook of Herbs and Spices* (págs. 526-546). Elsevier.
- Sepulvéda, J., Veloza, L., Escobar, L., Orozco, L., & Lopera, I. (2013). Anti-inflammatory effects of the main constituents and epoxides derived from the essential oils obtained from *Tagetes lucida*, *Cymbopogon citratus*, *Lippia alba* and. *Journal of Essential Oil Research*, 25, 186-193.
- Sharma, M., & Sharma, R. (2011). Synergistic Antifungal Activity of *Curcuma longa* (Turmeric) and *Zingiber officinale* (Ginger) Essential Oils Against Dermatophyte Infections. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 38-47.
- Sharma, P., Mondhe, D., Muthiah, S., Pal, H., Shahi, A., Saxena, A., & Qazi, G. (2009). Anticancer activity of an essential oil from *Cymbopogon flexuosus*. 179, 160-168.
- Shivashankara, A., Haniadka, R., Fayad, R., Palatty, P., Arora, R., & Baliga, M. (2013). Hepatoprotective Effects of *Zingiber officinale* Roscoe (Ginger): A Review. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease*, 657-671.
- Sierra, R., Campos, F., & Chamberlain, J. (2000). *Ecuador Tierra Incógnita* (Vol. I). Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Singh, G. (2010). Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of Turmeric (*Curcuma longa* Linn. *Food and Chemical Toxicology*, 4, 1026-1031.
- Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador. (2011). *Ecuador: Distribución del uso de tierra*. Obtenido de <http://www.sipae.com/>

- Skaria, B., Joy, P., Mathew, S., & Mathew, G. (2006). Lemongrass. En *Handbook of herbs and spices* (págs. 400-419). India.
- Smadja, J. (2009). *Essential oils: chemical composition and localization*. Dehradun: Har krishan Bhalla & Sons.
- Smith, S., Zambrano, D., Méndez, S., Rodríguez, F., Stashenko, E., & Duque, J. (2014). Essential oils with insecticidal activity against larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, *113*, 2647-2654.
- Soler, A., Ramírez, A., Carrión, M., Pamies, D., Pardo, J., Diaz, J., . . . Miquel, J. (2000). An hydroalcoholic extract of *Curcuma longa* lowers the abnormally high values of human-plasma fibrinoge. *Mechanisms of Ageing and Development*, *119*, 41-47.
- Solomon, B., Gebre, T., & Asres, K. (2012). Mosquito Repellent Actions of the Essential Oils of *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* and *Eucalyptus citriodora*: Evaluation and Formulation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *15*, 766-773.
- Standardization, I. O. (2002). ISO 10381- Calidad de Suelo. Muestreo. Parte 1 y 2 Líneas directrices para el diseño de los programas de muestreo y Técnicas de Muestreo. Recuperado el 7 de Noviembre de 2015
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*. V.
- Tawatsin, A., Wratten, S., Scott, R., Thavara, U., & Techadamrongsin, Y. (2001). Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. *Journal of Vectors Ecological*, *26*, 76-82.

- Tayyem, R. (2006). Curcumin content of turmeric and curry powders. *Nutrition and Cancer*, 2, 126-131.
- Tchoumboungang, F., Zollo, P., Dagne, E., & Mekonnen, Y. (2005). In vivo antimalarial activity of essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Ocimum gratissimum* on mice infected with *Plasmodium berghei*. *Planta Med*, 71, 20-23.
- Tisserand, R., & Young, R. (2014). Essential oil profiles. *Essential Oil Safety, II*, 187-482.
- Tzortzakis, N., & Economakis, C. (2007). Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 253-258.
- Valera, M., da Rosa, F., Maekawa, L., Ribeiro, C., Dias, L., & Talge, C. (2015). In vitro antimicrobial and anti-endotoxin action of *Zingiber Officinale* as auxiliary chemical and medicament combined to calcium hydroxide and chlorhexidine. *Acta Odontológica Scandinavica*, 73, 556-561.
- Vankar, P. (2014). Essential Oils and Fragrances from Natural Sources. *Resonance*, IX, 30-41.
- Vazirian, M., Taheri, S., Reza, M., Khanavi, M., Jamalifar, H., & Najarian, A. (2013). Antimicrobial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) essential oil against food-borne. *Journal of Essential Oil Research*, 4.
- Viana, G., Vale, T., Pinho, R., & Matos, F. (2000). Antinociceptive effect of the essential oil from *Cymbopogon citratus* in mice. *Journal of Ethnopharmacol*, 70, 323-327.

- Viuda-Martos, M., El Gendy , A., Sendra, E., Fernandez-Lopez , J., Abd El Razik, K., Omer, E., & Perez-Alvarez, J. (2010). Chemical composition and antioxidant and antilisteria activities of essential oils obtained from some Egyptian plants. *Journal of Agric Food Chemistry*, 58, 9063-9070.
- Wannissorn, B., Jarikasem, S., & Siriwangchai, T. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, 76, 233-236.
- Wickenberg, J., Lindstedt, S., & Hlebowicz, J. (2010). Effects of *Curcuma longa* (turmeric) on postprandial plasma glucose and insulin in. *Nutrition Journal*, 9, 43.
- Wright, J. (1991). Essential oils. *Food Flavourings*, 24-53.
- Zanwar, A., Badole, S., & Mena, F. (2013). *Curcuma longa* : Use for Skin Disease Care. *Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology*, 391-396.
- Zhu, J.-J. (2015). *Curcuma longa* L. En J.-J. Zhu, *Dietary Chinese Herbs* (págs. 107-112). Springer-Verlag Wien.
- Zuzarte, M., & Salgueiro, L. (2015). Essential Oils Chemistry. *Bioactive Essential Oils and Cancer*, 19-56.

Anexos

Anexo 1. Resultados del análisis de Nitrógeno



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**
ECUADOR



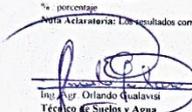
SALESIANOS
DON BOSCO

Cliente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA / INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RRNN
Dirección: Avenida 12 de Octubre N24-22 y Wilson **Tel/Cel:** 02 3962800 Ext. 2249
Contacto: Ing. Edison Osorio **E-mail:** edosorio@ups.edu.ec
Número Muestras: 20 **Nº de Informe:** 15-402
Fecha de ingreso: 27/07/2015 **Fecha Emisión:** 21/07/2015
Tipo de Muestra: Suelo **Total de pag.:** 2

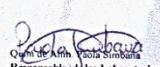
INFORME DE RESULTADOS

Código Laboratorio	Identificación de Cliente	PARÁMETRO			MÉTODO DE VALORACIÓN
		Nitrógeno Total (%)			
SA-15-680	PAV EL TOQUILLAL	0,13	0,12	0,13	Kjeldahl
SA-15-681	PAV LOS ANGELES	0,67	0,65	0,65	Kjeldahl
SA-15-682	PAV JIMENEZ	0,38	0,37	0,37	Kjeldahl
SA-15-683	PAV SAN JUAN	0,31	0,31	0,32	Kjeldahl
SA-15-684	PAV NARANJAL	0,51	0,53	0,52	Kjeldahl
SA-15-685	PAV NOBOL	0,09	0,08	0,08	Kjeldahl
SA-15-686	PAV LA GUADALUPE	0,40	0,42	0,42	Kjeldahl
SA-15-687	PAV AGUA CLAR	0,25	0,26	0,25	Kjeldahl
SA-15-688	PAV BALSAPAMBA	0,24	0,26	0,25	Kjeldahl
SA-15-689	PAV PATATE	0,08	0,07	0,08	Kjeldahl
SA-15-690	PAV RIO VERDE TUN	0,40	0,41	0,41	Kjeldahl
SA-15-691	PAV MERA	0,53	0,54	0,53	Kjeldahl
SA-15-692	PAV SAN JACINTO	0,50	0,51	0,50	Kjeldahl
SA-15-693	PAV BUENOS AIRES	0,06	0,06	0,06	Kjeldahl
SA-15-694	CANE 1	0,22	0,24	0,23	Kjeldahl
SA-15-695	ZAMORA	0,83	0,83	0,82	Kjeldahl
SA-15-696	ORELLANA	0,18	0,16	0,16	Kjeldahl
SA-15-697	MOJG	0,66	0,96	0,88	Kjeldahl
SA-15-699	MISA2	0,09	0,08	0,08	Kjeldahl
SA-15-700	CAVE CANE 2	0,17	0,16	0,17	Kjeldahl

DATOS ADICIONALES:
 % porcentaje
 Nota aclaratoria: Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.



Ing. Agr. Orlando Gualavisi
Técnico de Suelos y Agua



Responsable de los Laboratorios



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**
ECUADOR
Laboratorio de suelos y de agua

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N395 y 9 de Octubre. Teléfonos: (593) 2 3962 946 / 3962 800 ext. 2504
 Correo electrónico: ogualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

Elaborado por: Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cayambe (2015)

Cliente: Universidad Politécnica Salesiana / Ingeniería en Biotecnología de los RRNN
 Dirección: Avenida 12 de Octubre N24-22 y Wilson Tel/Cel: 02 3962800 Ext. 2249
 Contacto: Ing. Edison Osorio E-mail: edosorio@ups.edu.ec
 Número Muestras: 22 N° de Informe: 15-402
 Fecha de ingreso: 28/09/2015 Fecha Emisión: 05/11/2015
 Tipo de Muestra: Suelo Total de pag. 2

INFORME DE RESULTADOS

Código Laboratorio	Identificación de Cliente	PARÁMETRO			MÉTODO DE VALORACIÓN
		Nitrógeno Total (%)			
SA-15-658	HL-TOSA (P/F)	0,05	0,06	0,06	Kjeldahl
SA-15-659	HL-PIEB (P/F)	0,11	0,10	0,10	Kjeldahl
SA-15-660	HL-ARCHI (P/F)	0,59	0,59	0,60	Kjeldahl
SA-15-661	GE-7JUL (P/F)	0,26	0,26	0,26	Kjeldahl
SA-15-662	HL-TENA (P/F)	0,12	0,13	0,13	Kjeldahl
SA-15-663	HL-SANAN (P/F)	0,07	0,05	0,06	Kjeldahl
SA-15-664	HL-CONG (P/F)	0,26	0,26	0,25	Kjeldahl
SA-15-665	HL-PALE (P/F)	0,08	0,07	0,08	Kjeldahl
SA-15-666	HL-ELPOS (P/F)	0,24	0,24	0,24	Kjeldahl
SA-15-667	HL-NUEV (P/F)	0,05	0,04	0,05	Kjeldahl
SA-15-668	HL-GUAY (P/F)	0,11	0,11	0,10	Kjeldahl
SA-15-669	HL-CHAV (P/F)	0,11	0,11	0,11	Kjeldahl
SA-15-670	HL-CHIG (P/F)	0,21	0,19	0,21	Kjeldahl
SA-15-671	GE-JIVI (P/F)	0,31	0,31	0,29	Kjeldahl
SA-15-672	HL-CARP (P/F)	0,10	0,10	0,09	Kjeldahl
SA-15-673	GE-LASPL (P/F)	0,10	0,09	0,09	Kjeldahl
SA-15-674	HL-MIRA (P/F)	0,27	0,28	0,28	Kjeldahl
SA-15-675	HL-MASCA (P/F)	0,18	0,18	0,18	Kjeldahl
SA-15-676	HL-LITA (P/F)	0,11	0,10	0,11	Kjeldahl
SA-15-677	PAV RIO VERDE GUAYAS	0,07	0,07	0,07	Kjeldahl
SA-15-678	PAV LA SEXTA	0,11	0,12	0,11	Kjeldahl
SA-15-679	PAV QUEVEDO	0,16	0,16	0,17	Kjeldahl

DATOS ADICIONALES:

% porcentaje

*Ver Advertencia: Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.



Ing. Orlando Gualavisi
Técnico de Suelos y Agua



Quím. de Alimentos Paola Simbala
Responsable de los Laboratorios



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

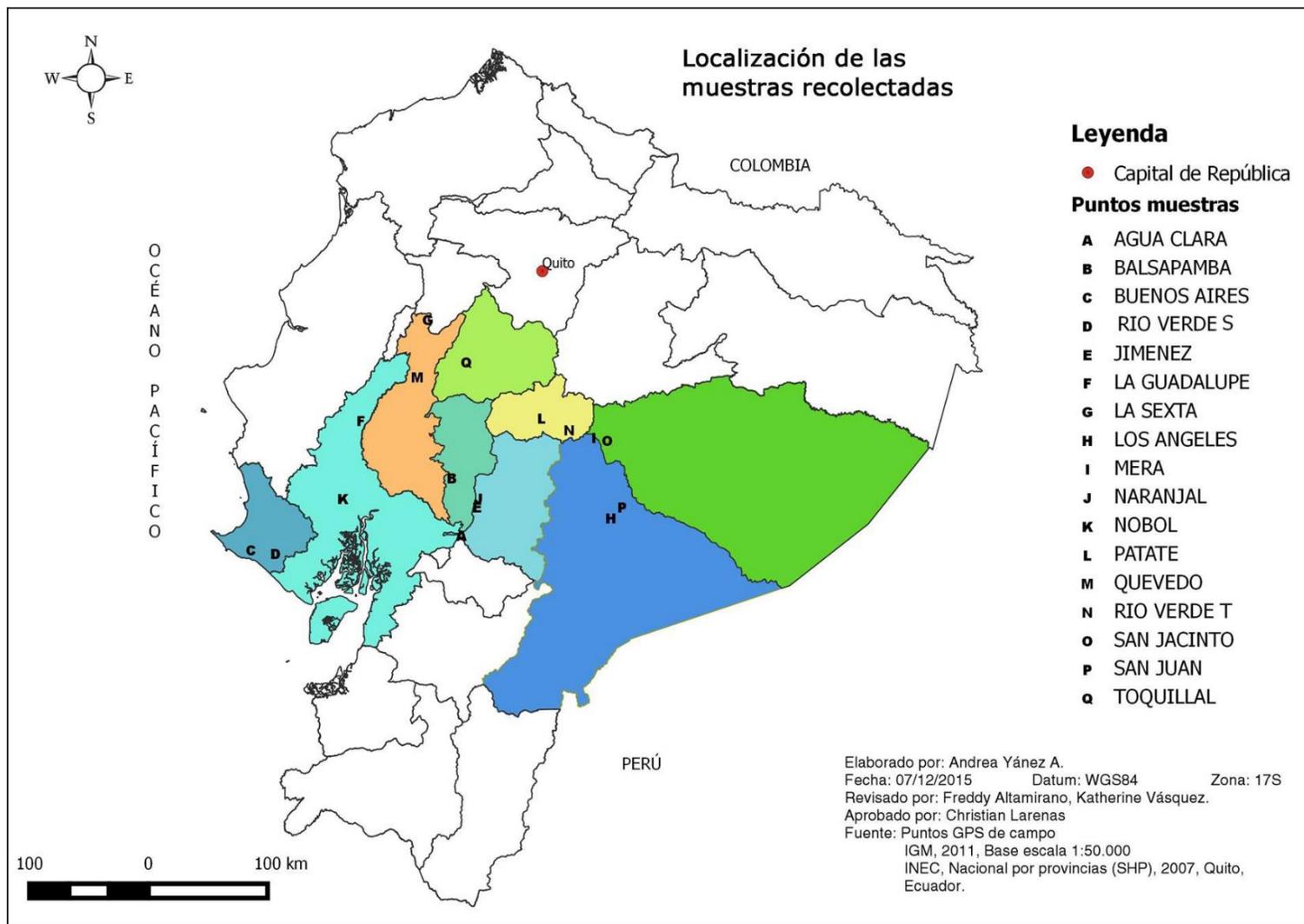
Laboratorio de suelos y de agua

Cayambe, Av. Natalia Jamín N395 y 9 de Octubre. Teléfonos: (593) 2 3962 946 / 3962 800 ext. 2504
 Correo electrónico: ogualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

Anexo 2. Tabla general de resultados

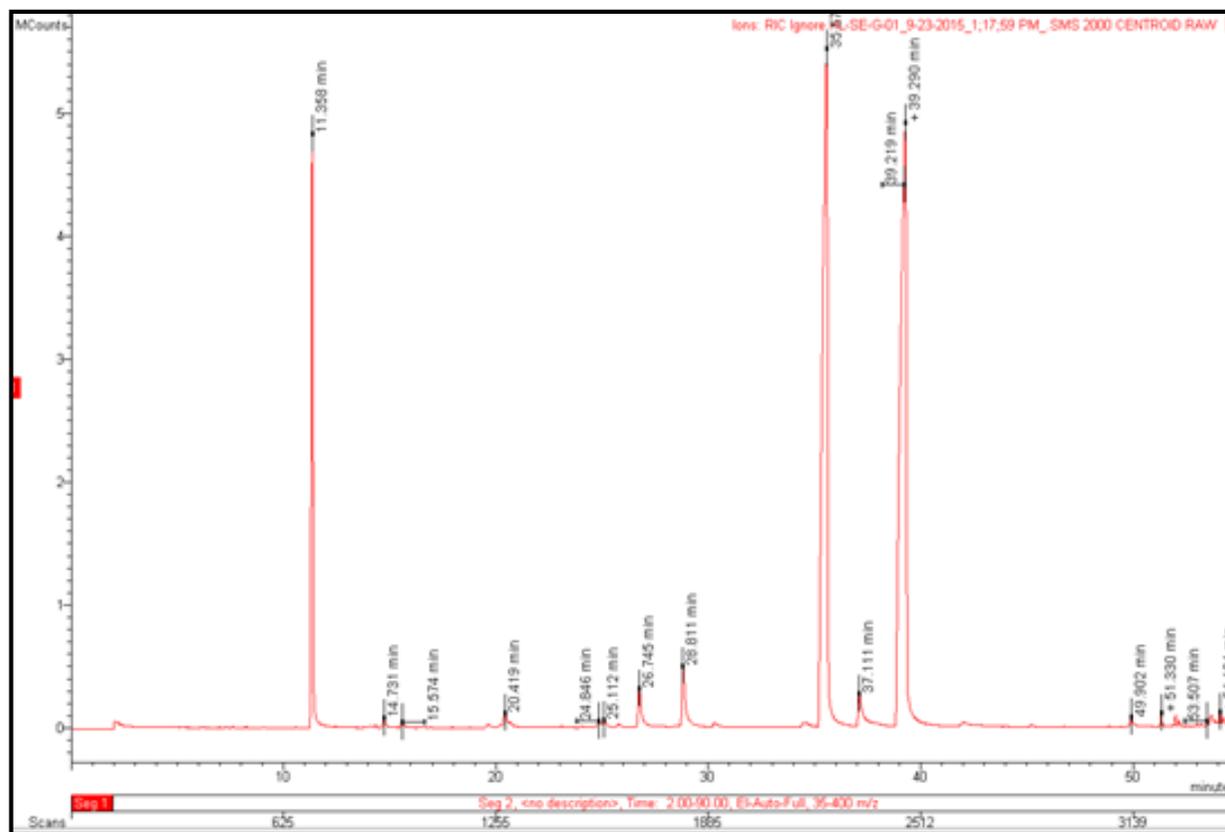
CÓDIGO DE LA MUESTRA	VARIABLES AMBIENTALES				SUELO										ACEITE ESCENCIAL						
	H. (%)	TEMP. (°C)	ALT. (m.s.n.m)	Cordenadas Geográficas	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILL. (%)	H. (%)	MAT ORG. (%)	COND	pH	Fe	K	N	P	DENS.	IND. REFR.	REND.	NERAL	GERANIAL	PINENO
HL-TQO-1	63.4	31.1	220	S 00°53'32.6" - W 79°04'49.6"	86.01	5.84	8.15	2.21	1.69	1.17	5.77	1.39	2.53	0.97	0.36	0.8825	1.485	0.30	1.82E+07	2.26E+07	7.35E+06
HL-TQO-1	63.4	31.1	220	S 00°53'32.6" - W 79°04'49.6"	86.01	5.84	8.15	2.19	1.67	1.14	5.81	1.41	2.54	0.93	0.36	0.8826	1.484	0.30	1.91E+07	2.40E+07	7.01E+06
HL-TQO-1	63.4	31.1	220	S 00°53'32.6" - W 79°04'49.6"	86.01	5.84	8.15	2.18	1.65	1.13	5.88	1.40	2.50	0.97	0.55	0.8823	1.485	0.30	7.96E+06	1.15E+07	3.89E+06
HL-PAT-1	44.1	27.4	2134	S 01°18'50.6" - W 78°30'34.5"	90.66	4.87	4.47	3.11	1.08	1.92	7.97	0.79	1.03	0.76	1.87	0.8685	1.482	0.22	2.61E+07	3.06E+07	1.01E+07
HL-PAT-1	44.1	27.4	2134	S 01°18'50.6" - W 78°30'34.5"	90.66	4.87	4.47	3.10	1.08	1.95	7.99	0.72	0.97	0.70	1.86	0.8683	1.482	0.22	1.70E+07	2.11E+07	7.28E+06
HL-PAT-1	44.1	27.4	2134	S 01°18'50.6" - W 78°30'34.5"	90.66	4.87	4.47	3.10	1.08	1.92	7.77	0.73	0.95	0.76	1.86	0.8685	1.482	0.22	9.32E+06	4.71E+07	1.48E+07
HL-RVT-1	79.7	21.3	1460	S 01°24'12.8" - W 78°17'56.2"	77.74	6.60	15.66	6.89	3.92	2.90	6.18	1.00	1.28	1.46	2.30	0.8982	1.483	0.20	8.55E+06	1.11E+07	4.42E+06
HL-RVT-1	79.7	21.3	1460	S 01°24'12.8" - W 78°17'56.2"	77.74	6.60	15.66	6.86	3.94	2.90	6.18	0.93	1.24	1.47	2.30	0.8980	1.484	0.20	7.75E+06	1.08E+07	3.42E+06
HL-RVT-1	79.7	21.3	1460	S 01°24'12.8" - W 78°17'56.2"	77.74	6.60	15.66	6.84	3.95	2.92	6.07	1.00	1.28	1.47	2.30	0.8983	1.483	0.20	1.08E+07	1.41E+07	5.42E+06
HL-NAR-1	73.1	22.2	1585	S 01°55'02.7" - W 78°59'07.3"	99.77	0.13	0.10	5.48	5.02	4.76	6.29	1.08	1.29	1.56	1.90	0.8617	1.481	0.20	7.55E+06	9.71E+06	9.25E+06
HL-NAR-1	73.1	22.2	1585	S 01°55'02.7" - W 78°59'07.3"	99.77	0.13	0.10	5.48	5.03	4.73	6.34	0.99	1.30	1.58	1.91	0.8620	1.482	0.20	1.15E+07	1.58E+07	9.12E+06
HL-NAR-1	73.1	22.2	1585	S 01°55'02.7" - W 78°59'07.3"	99.77	0.13	0.10	5.45	5.01	4.73	6.27	1.02	1.33	1.57	1.90	0.8619	1.482	0.20	1.48E+07	1.81E+07	1.31E+07
HL-JIM-1	68.3	24.3	1574	S 01°59'05.5" - W 78°59'44.4"	85.07	6.94	7.99	4.68	3.79	4.91	6.77	1.26	1.36	1.43	2.02	0.8678	1.483	0.19	3.53E+07	3.82E+07	3.16E+07
HL-JIM-1	68.3	24.3	1574	S 01°59'05.5" - W 78°59'44.4"	85.07	6.94	7.99	4.71	3.73	4.90	6.77	1.23	1.39	1.42	2.03	0.8673	1.483	0.19	6.75E+07	7.20E+07	5.02E+07
HL-JIM-1	68.3	24.3	1574	S 01°59'05.5" - W 78°59'44.4"	85.07	6.94	7.99	4.70	3.78	4.91	6.14	1.24	1.37	1.42	2.03	0.8675	1.482	0.19	1.50E+07	8.09E+07	3.55E+07
HL-AGU-1	87	25.1	366	S 02°11'52.9" - W 79°06'48.7"	85.76	7.58	6.67	7.40	3.15	1.89	6.94	1.32	1.10	1.25	1.58	0.8876	1.481	0.13	1.11E+07	1.06E+07	3.98E+05
HL-AGU-1	87	25.1	366	S 02°11'52.9" - W 79°06'48.7"	85.76	7.58	6.67	7.43	3.16	1.90	6.95	1.32	1.08	1.27	1.58	0.8871	1.480	0.13	5.91E+06	6.33E+06	5.21E+05
HL-AGU-1	87	25.1	366	S 02°11'52.9" - W 79°06'48.7"	85.76	7.58	6.67	7.45	3.16	1.90	6.83	1.31	1.07	1.25	1.58	0.8874	1.481	0.13	1.47E+07	1.35E+07	6.43E+05
HL-BAL-1	80.2	25.1	696	S 01°46'02.9" - W 79°11'16.8"	95.51	4.05	0.44	6.20	3.31	2.12	7.31	1.03	1.30	1.23	2.35	0.8764	1.482	0.24	5.13E+06	5.41E+06	8.69E+04
HL-BAL-1	80.2	25.1	696	S 01°46'02.9" - W 79°11'16.8"	95.51	4.05	0.44	6.24	3.30	2.12	7.33	1.10	1.35	1.27	2.35	0.8760	1.481	0.24	2.02E+07	1.78E+07	7.80E+05
HL-BAL-1	80.2	25.1	696	S 01°46'02.9" - W 79°11'16.8"	95.51	4.05	0.44	6.24	3.30	2.10	7.37	1.05	1.34	1.25	2.35	0.8765	1.482	0.24	2.35E+07	2.13E+07	7.89E+05
HL-MER-1	93.8	21.1	1054	S 01°27'38.3" - W 78°06'46.2"	88.57	3.56	7.87	13.77	3.86	2.79	6.14	0.74	0.74	1.58	1.94	0.8761	1.484	0.20	1.37E+07	1.67E+07	1.00E+07
HL-MER-1	93.8	21.1	1054	S 01°27'38.3" - W 78°06'46.2"	88.57	3.56	7.87	13.77	3.88	2.79	6.19	0.70	0.74	1.59	1.94	0.8759	1.483	0.20	1.74E+07	2.02E+07	1.50E+07
HL-MER-1	93.8	21.1	1054	S 01°27'38.3" - W 78°06'46.2"	88.57	3.56	7.87	13.76	3.88	2.80	6.22	0.78	0.73	1.58	1.94	0.8760	1.484	0.20	2.02E+07	2.02E+07	1.50E+07
HL-JAC-1	87.5	21.6	912	S 01°28'48.8" - W 78°00'44.5"	86.98	12.66	0.36	20.53	5.79	2.31	5.64	1.19	0.92	1.55	1.91	0.8759	1.479	0.23	7.63E+06	9.09E+06	6.21E+05
HL-JAC-1	87.5	21.6	912	S 01°28'48.8" - W 78°00'44.5"	86.98	12.66	0.36	20.56	5.77	2.30	5.66	1.19	0.91	1.56	1.91	0.8759	1.479	0.23	1.64E+07	1.72E+07	1.46E+06
HL-JAC-1	87.5	21.6	912	S 01°28'48.8" - W 78°00'44.5"	86.98	12.66	0.36	20.52	5.78	2.32	5.64	1.20	0.96	1.55	1.91	0.8761	1.479	0.23	2.13E+07	2.14E+07	1.12E+06
HL-JUA-1	80.4	24.9	868	S 01°59'00.1" - W 77°54'02.1"	90.86	8.92	0.22	9.78	4.83	2.04	5.92	1.04	0.71	1.35	2.02	0.8887	1.480	0.20	2.65E+06	3.27E+06	0.00
HL-JUA-1	80.4	24.9	868	S 01°59'00.1" - W 77°54'02.1"	90.86	8.92	0.22	9.72	4.82	2.02	5.93	1.04	0.71	1.35	2.02	0.8885	1.479	0.20	3.03E+06	3.61E+06	0.00
HL-JUA-1	80.4	24.9	868	S 01°59'00.1" - W 77°54'02.1"	90.86	8.92	0.22	9.74	4.81	2.03	5.91	1.02	0.71	1.36	2.02	0.8889	1.479	0.20	3.40E+06	4.00E+06	0.00
HL-ANG-1	74.1	22.7	1036	S 02°03'59.6" - W 77°59'02.1"	88.05	5.55	6.39	15.08	11.86	5.77	5.41	1.04	0.74	1.68	1.76	0.8969	1.482	0.20	1.90E+06	2.31E+06	0.00
HL-ANG-1	74.1	22.7	1036	S 02°03'59.6" - W 77°59'02.1"	88.05	5.55	6.39	15.06	11.89	5.76	5.43	1.06	0.79	1.67	1.76	0.8968	1.482	0.20	2.39E+06	2.98E+06	0.00
HL-ANG-1	74.1	22.7	1036	S 02°03'59.6" - W 77°59'02.1"	88.05	5.55	6.39	15.09	11.89	5.78	5.43	1.07	0.76	1.67	1.76	0.8969	1.482	0.20	1.63E+03	2.25E+06	0.00
HL-GUA-1	85.2	23.5	45	S 01°20'02.5" - W 79°52'36.4"	90.73	9.11	0.15	10.29	6.04	3.82	6.07	1.20	0.83	1.46	2.19	0.8773	1.488	0.22	7.24E+06	2.75E+05	9.65E+06
HL-GUA-1	85.2	23.5	45	S 01°20'02.5" - W 79°52'36.4"	90.73	9.11	0.15	10.26	6.02	3.81	6.08	1.19	0.82	1.48	2.19	0.8770	1.487	0.22	1.24E+07	1.51E+07	2.41E+06
HL-GUA-1	85.2	23.5	45	S 01°20'02.5" - W 79°52'36.4"	90.73	9.11	0.15	10.24	6.04	3.83	6.06	1.18	0.82	1.48	2.19	0.8775	1.488	0.22	1.47E+07	1.75E+07	4.07E+06
HL-NOB-1	73.4	30.2	14	S 01°55'19.8" - W 80°00'41.6"	99.84	0.09	0.07	5.55	2.04	6.44	6.34	0.99	0.94	0.81	1.62	0.8885	1.480	0.22	5.84E+06	6.94E+06	0.00
HL-NOB-1	73.4	30.2	14	S 01°55'19.8" - W 80°00'41.6"	99.84	0.09	0.07	5.58	2.03	6.46	6.39	0.94	0.86	0.76	1.62	0.8881	1.481	0.22	6.95E+06	8.14E+06	0.00
HL-NOB-1	73.4	30.2	14	S 01°55'19.8" - W 80°00'41.6"	99.84	0.09	0.07	5.60	2.05	6.44	6.36	1.03	0.91	0.76	1.62	0.8882	1.480	0.22	1.12E+07	1.22E+07	0.00
HL-BUE-1	78.3	26.4	63	S 02°20'20.3" - W 80°31'19.6"	93.69	6.18	0.13	2.19	1.36	6.11	7.39	0.73	0.53	0.63	2.23	0.8593	1.485	0.33	3.17E+06	1.30E+03	8.25E+05
HL-BUE-1	78.3	26.4	63	S 02°20'20.3" - W 80°31'19.6"	93.69	6.18	0.13	2.22	1.34	6.14	7.37	0.76	0.50	0.63	2.23	0.8591	1.486	0.33	3.99E+06	5.18E+06	1.11E+06
HL-BUE-1	78.3	26.4	63	S 02°20'20.3" - W 80°31'19.6"	93.69	6.18	0.13	2.15	1.33	6.12	7.37	0.77	0.50	0.63	2.22	0.8595	1.485	0.33	3.70E+06	4.92E+06	8.81E+05
HL-RVS-1	84.1	28.3	59	S 02°18'39.1" - W 80°42'16.7"	96.11	3.50	0.39	0.90	1.01	13.63	8.37	1.44	0.11	0.70	1.87	0.8767	1.485	0.45	8.37E+07	1.30E+07	2.66E+07
HL-RVS-1	84.1	28.3	59	S 02°18'39.1" - W 80°42'16.7"	96.11	3.50	0.39	0.90	1.01	13.62	8.36	1.43	0.13	0.70	1.87	0.8762	1.485	0.45	1.93E+07	1.62E+07	2.94E+07
HL-RVS-1	84.1	28.3	59	S 02°18'39.1" - W 80°42'16.7"	96.11	3.50	0.39	0.93	1.00	13.65	8.36	1.45	0.12	0.70	1.87	0.8765	1.485	0.45	1.93E+07	1.62E+07	2.94E+07
HL-SEX-1	93.5	21.6	184	S 00°34'20.79" - W 79°22'15.94"	97.64	2.12	0.23	14.49	8.70	1.16	5.92	1.14	2.55	0.90	2.35	0.8959	1.476	0.32	3.26E+06	3.84E+08	2.41E+05
HL-SEX-1	93.5	21.6	184	S 00°34'20.79" - W 79°22'15.94"	97.64	2.12	0.23	14.51	8.72	1.14	5.91	1.13	2.57	0.93	2.35	0.8955	1.475	0.32	7.33E+06	8.40E+06	2.41E+05
HL-SEX-1	93.5	21.6	184	S 00°34'20.79" - W 79°22'15.94"	97.64	2.12	0.23	14.53	8.70	1.13	5.89	1.14	2.50	0.90	2.35	0.8958	1.476	0.32	4.28E+06	4.88E+06	2.41E+05
HL-QUE-1	78.4	30.4	70	S 01°00'11.47" - W 79°26'48.83"	85.02	8.91	6.07	1.75	1.85	1.24	5.05	1.17	2.54	1.06	2.15	0.8742	1.484	0.23	1.27E+07	1.27E+07	1.97E+07
HL-QUE-1	78.4	30.4	70	S 01°00'11.47" - W 79°26'48.83"	85.02	8.91	6.07	1.74	1.85	1.22	5.03	1.15	2.55	1.06	2.15	0.8741	1.484	0.23	4.09E+07	4.73E+07	2.17E+07
HL-QUE-1	78.4	30.4</																			

Anexo 3. Mapa Georreferenciado



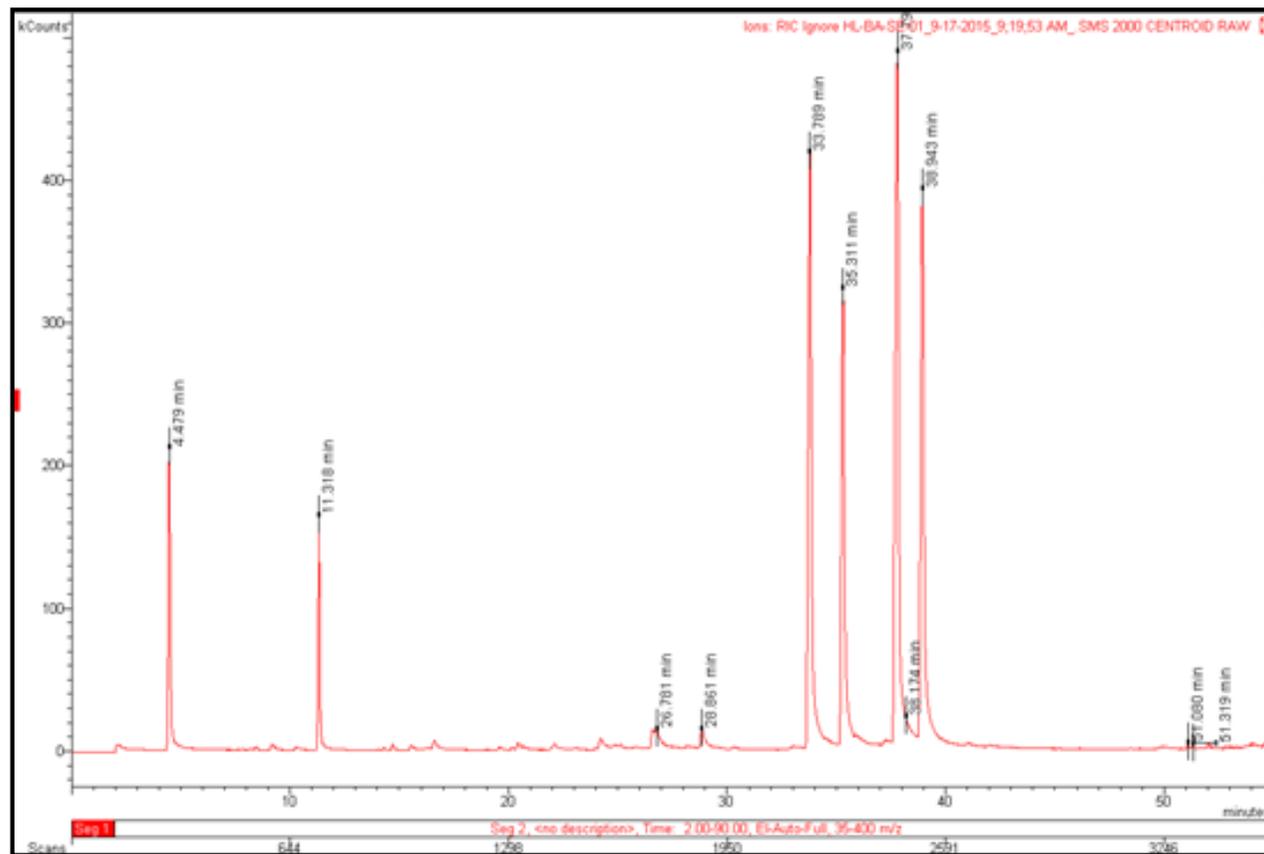
Quantum GIS Development Team, 2015, Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

Anexo 5. Cromatograma con mayor rendimiento en Hierba Luisa



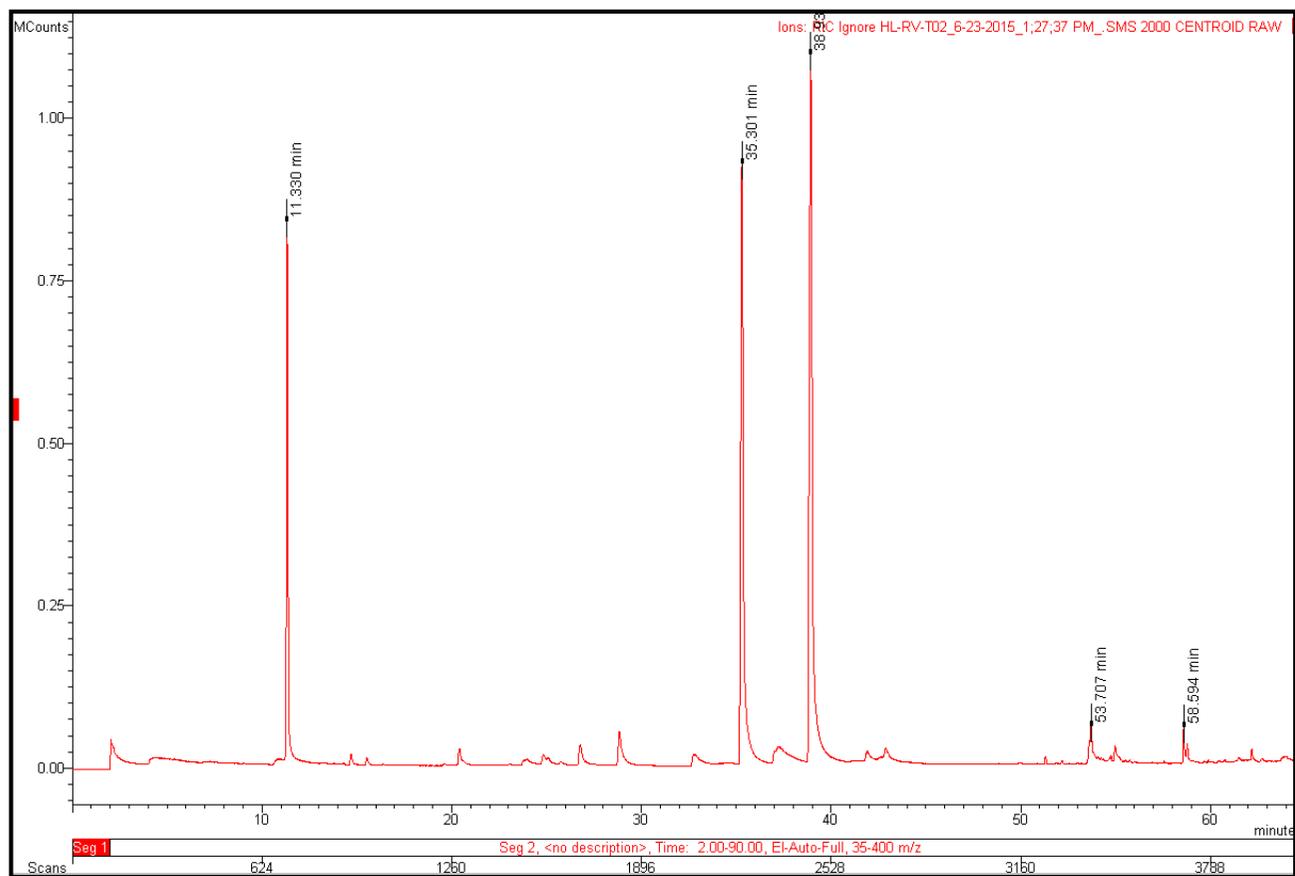
Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 6. Cromatograma con mayor cantidad de Neral en Hierba Luisa



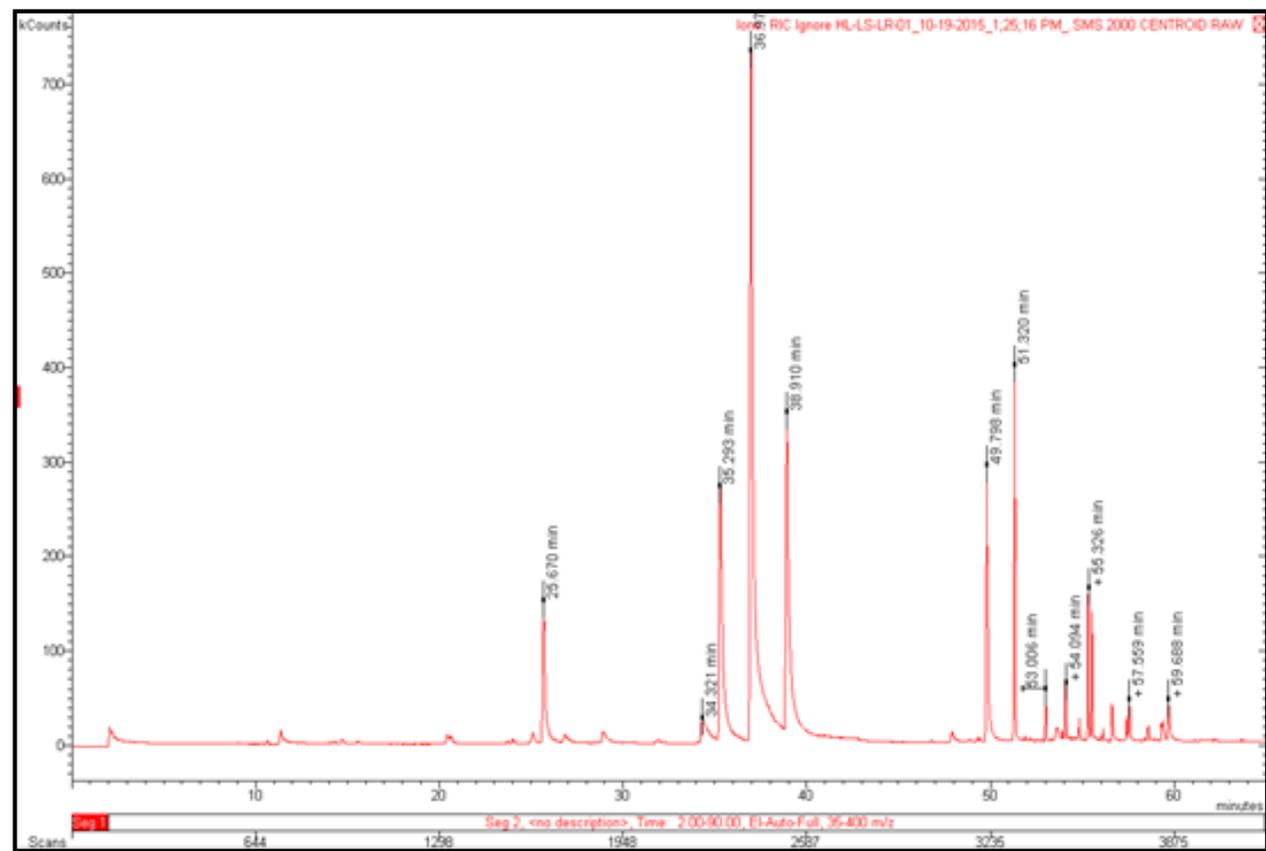
Elaborado por F. Altamirano y K. Vázquez (2015).

Anexo 7. Cromatograma con mayor cantidad de Geranial en Hierba Luisa



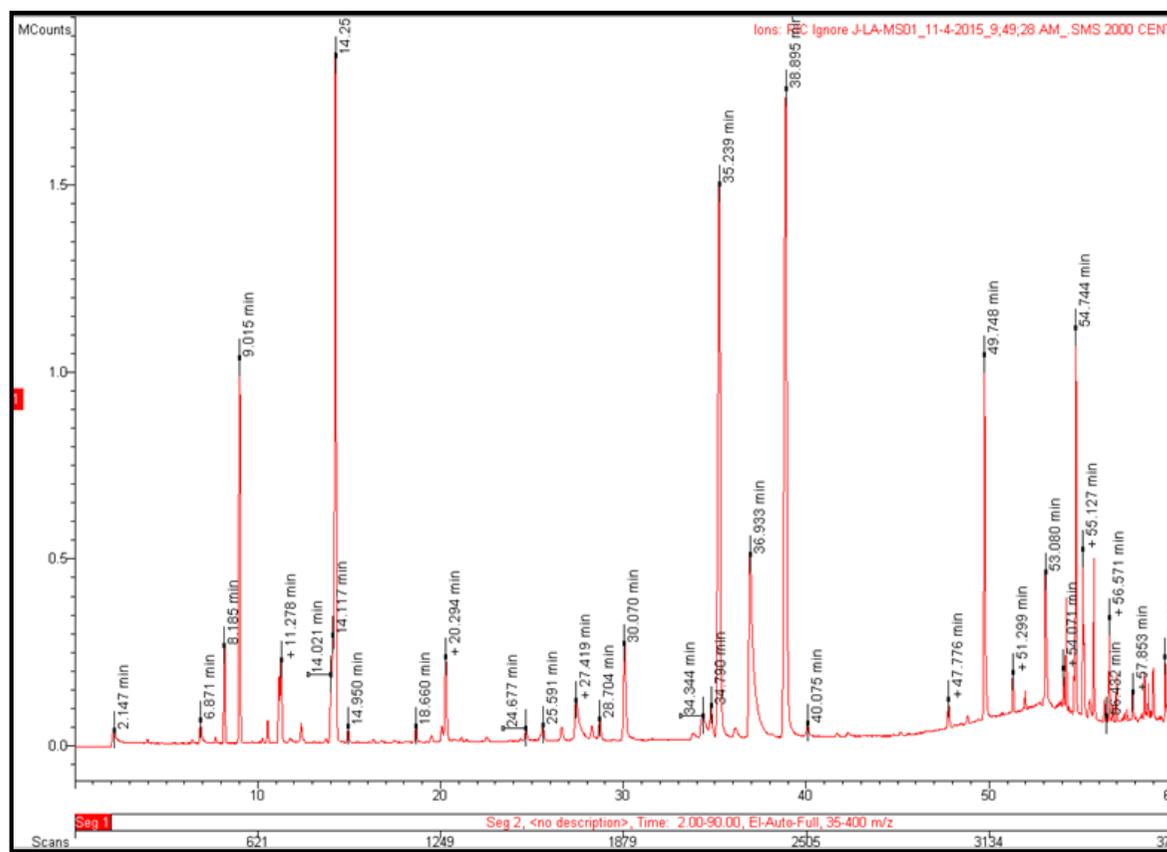
Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 8. Cromatograma con mayor cantidad de Pinenos en Hierba Luisa



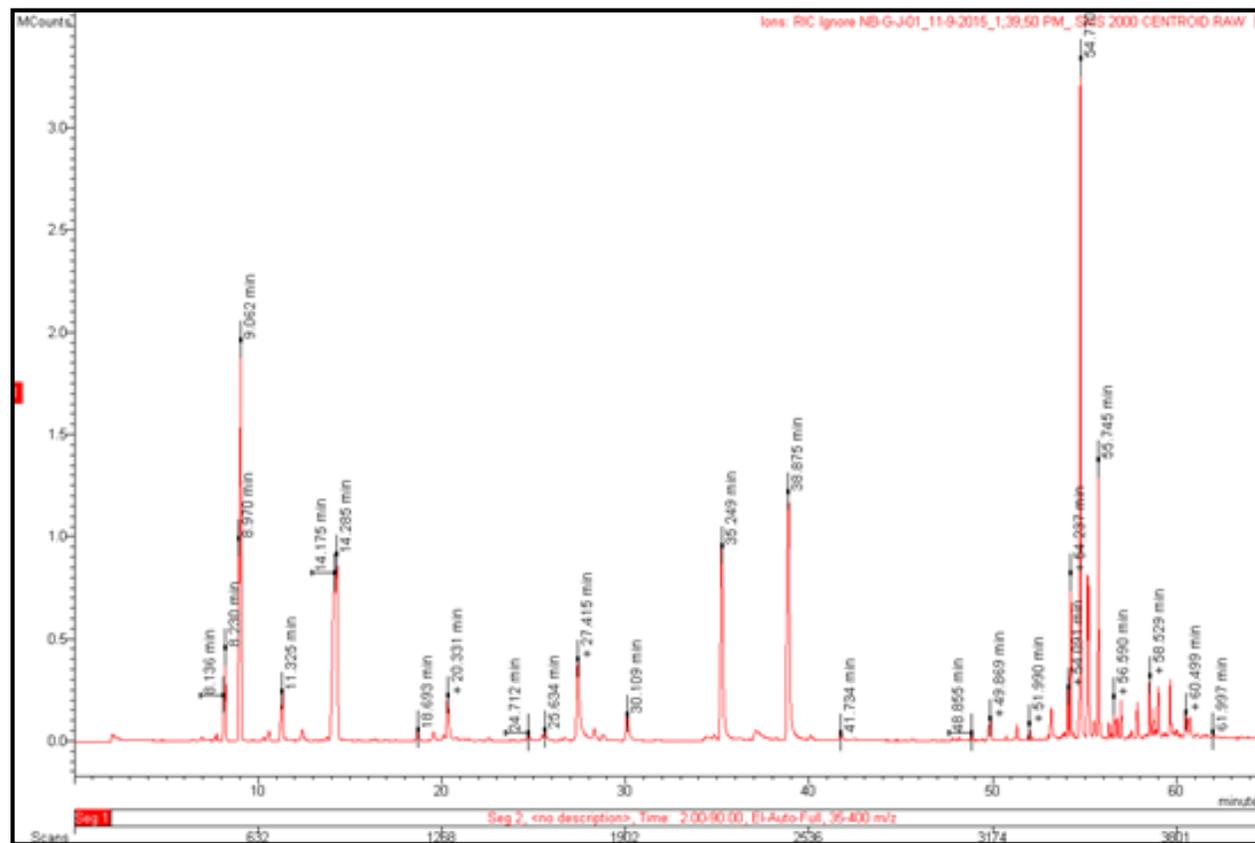
Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 9. Cromatograma con mayor rendimiento en Jengibre



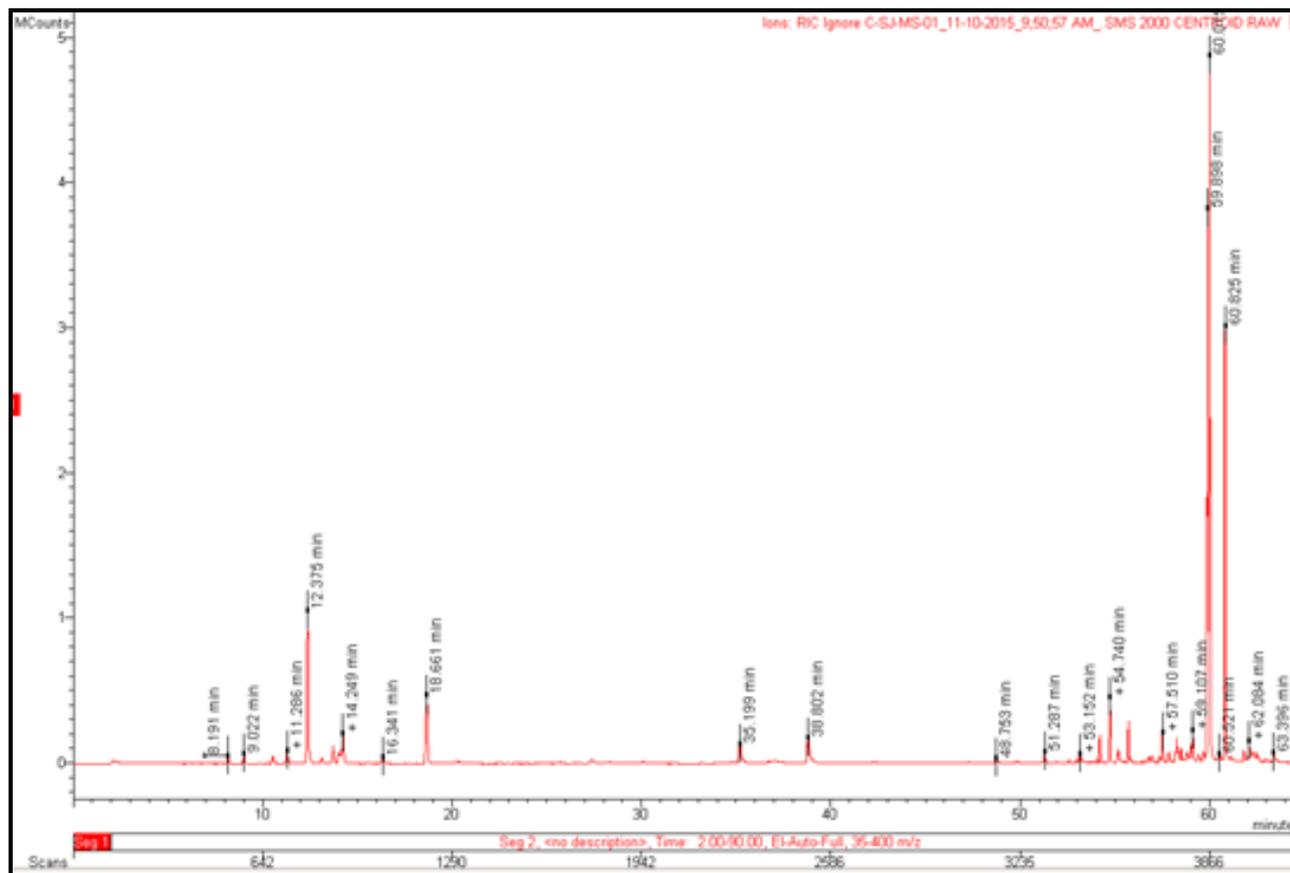
Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 10. Cromatograma con mayor cantidad de componentes principales en Jengibre



Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 11. Cromatograma de Cúrcuma



Elaborado por F. Altamirano y K. Vásquez (2015).

Anexo 12. Aceites esenciales envasados



Tomado por: Fredy Altamirano y Katherine Vásquez