

**Usos Potenciales del Granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) con Base en su
Contenido Bromatológico y de Aceite Esencial**

María Andrea Lizcano González, Darío Albeiro Sandoval Reyes

**Proyecto de Grado para Optar el Título de
Ingeniero Forestal**

Directora

Erika Mayerly Celis Celis

Química

Codirector

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia- IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Málaga

2019

Tabla de Contenido

Introducción	13
1.Objetivos	16
1.1.Objetivo general.....	16
1.2.Objetivos específicos.....	16
2.Marco referencial	17
2.1.Marco Histórico	17
2.2.Marco teórico	18
2.2.1.Descripción.....	18
2.2.1.1.Clasificación taxonómica (Morales –L, 2012)	18
2.2.2.Distribución.....	19
2.2.3.Usos.....	19
2.2.4.Productos Naturales No Maderables.....	19
2.2.5.Aceites esenciales	20
2.2.5.1.Arrastre de vapor:.....	20
2.2.5.2.Hidrodestilación	21
2.2.5.3.Destilación con agua-vapor.....	22
2.2.6.Rendimiento de los aceites esenciales	22
2.2.7.Determinación de los componentes de un aceite esencial.....	23
2.2.8.Cromatografía de gases.....	23
2.2.8.1.Cómo interpretar un cromatograma de picos	24
2.2.9.Usos de los aceites esenciales	25
2.2.10.Condiciones para que un árbol o un arbusto llegue a ser forrajero.....	25
3.Metodología	26
3.1.Ubicación	26
3.2.Inventario forestal	27
3.3.Diseño experimental.....	27
3.3.1.Clases diamétricas	27
3.5.Extracción del aceite esencial	28

3.6.Composición química de los aceites esenciales.....	28
3.7.Análisis bromatológicos.....	29
3.8.Análisis estadístico	30
4.Resultados y discusión	30
4.1.Rendimiento de los aceites esenciales	30
4.2.Composición del aceite esencial	32
4.2.1Usos de los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial de granizo	37
4.3.Análisis bromatológico y composición elemental.....	39
4.4.Producción de biomasa	42
5.Conclusiones.....	43
6.Recomendaciones.....	44
Referencias Bibliograficas	45
Apéndices	50

Lista de Tablas

Tabla 1. Rendimiento de aceite esencial del granizo con base en DAP	30
Tabla 2. Composición del aceite esencial del granizo con base en el DAP	33
Tabla 3. Usos reportados en la literatura para los componentes mayoritarios.....	37
Tabla 4. Propiedades farmacológicas de los componentes mayoritarios.....	38
Tabla 5. Análisis bromatológico de las hojas de granizo antes de la extracción.	39
Tabla 6. Análisis bromatológico de las hojas de granizo previo y posterior a la extracción.....	41
Tabla 7. Producción de biomasa del granizo con base en el diámetro de la planta.	42

Lista de Figuras

Figura 1. Montaje arrastre de vapor	21
Figura 2. Montaje de hidrodestilación	22
Figura 3. Principales componentes de un cromatógrafo de gases.	23
Figura 4. Cromatograma de picos.....	24
Figura 5. Mapa localización del proyecto.....	26
Figura 6. Correlación DAP- Rendimiento de extracción de aceite esencial.....	31
Figura 7. Correlación DAP- Producción de aceite esencial /planta-año.....	43

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Inventario forestal- censo	52
Apéndice 2. Medición de DAP, cuantificación y marcado de los árboles	53
Apéndice 3. Recolección y pesado de material en campo	53
Apéndice 4. Etiquetado del material	54
Apéndice 5. Cortado y pesado del material	54
Apéndice 6. Extractor de aceite	55
Apéndice 7. Material listo para la extracción	55
Apéndice 8. Extracción y almacenamiento de los aceites esenciales de granizo	56
Apéndice 9. Secado de material en el horno	56
Apéndice 10. Calcinación del material	57
Apéndice 11. Macerado, triturado y tamizado del material	57
Apéndice 12. Material pulverizado	57
Apéndice 13. Extracción de grasas en extractor Marca Velp	58
Apéndice 14. Extracto etéreo	58
Apéndice 15. Analizador elemental	59
Apéndice 16. Corrido de las muestras en el analizador elemental	59
Apéndice 17. Calorímetro	60
Apéndice 18. Cromatograma muestra uno	61
Apéndice 19. Cromatograma muestra dos	62
Apéndice 20. Cromatograma muestra tres	63
Apéndice 21. Cromatograma muestra cuatro	64
Apéndice 22. Cromatograma muestra cinco	65
Apéndice 23. Cromatograma muestra seis	66
Apéndice 24. Cromatograma muestra siete	67

Agradecimientos

Primeramente, agradecerle a nuestra directora Erika Mayerly Celis Celis y codirector Julián Mauricio Botero por el apoyo incondicional y económico que nos han brindado, tiempo dedicado y por guiarnos a través de sus conocimiento para la culminación de esta etapa, a nuestros padres Gloria Reyes Suárez, Darío Sandoval Daza y Dorian Yamile Lizcano González por el apoyo moral y económico en la realización de este proyecto, a nuestros compañeros Viviana Cáceres Castro y Jofrain Alonso Ortiz Barajas, amigos José Alfredo Sandoval Trujillo y Jesús Alejandro Sandoval Trujillo por el acompañamiento en las labores de campo, familiares que de alguna manera brindaron apoyo, a la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga por permitirnos el uso de las instalaciones y equipos, al jardín botánico de Medellín por la identificación botánica de la muestra y al CENIVAM por el análisis cualitativo de los componentes del aceite esencial.

Resumen

Título: Usos potenciales del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) con base en su contenido bromatológico y de aceite esencial.

Autor: Darío Albeiro Sandoval Reyes y María Andrea Lizcano González

Palabras claves: productos forestales no maderables, agroforestería

Descripción:

Las plantas del género *Hedyosmum* han sido estudiadas para conocer el potencial de extracción y la composición de su aceite esencial, sin embargo no se conoce información acerca de su valor nutricional o los usos de algunas especies pertenecientes a este género en alimentación animal. En este estudio se tomaron muestras de 12 individuos de granizo (*Hedyosmum bonplandianum*) con diámetros (DAP) que oscilaron entre 5 y 24,1 cm agrupados en tres categorías: plantas con DAP menores (C1), plantas con DAP intermedios (C2) y plantas con DAP mayores (C3); a estos individuos se les realizó la extracción del aceite esencial y el análisis bromatológico para conocer su capacidad en producción de aceite y alimentación animal. La extracción del aceite esencial se realizó mediante la técnica de hidrodestilación, a partir de 3 kg de hojas frescas y su composición se determinó mediante cromatografía de gases con detector selectivo de masas (GC-MS); las características bromatológicas se midieron a las mismas hojas antes y después de extraer su aceite esencial. Los resultados arrojaron que los rendimientos de la planta se incrementan al aumentar el DAP de la especie, sin embargo su composición no ve afectada por los DAP; el componente mayoritario de todos los aceites fue el sabineno, pero hubo variaciones en la presencia de otros compuestos como el α -pineno, β -pineno, 1,8-cineol, linalol y trans- β -ocimeno. Por otro lado, se encontró que las características bromatológicas no cambian con el DAP y sus valores están comprendidos en los rangos normales para plantas forrajeras, además, el subproducto de la extracción conserva sus características bromatológicas, lo que permite catalogar a la planta como una especie con potencial para la extracción de aceite esencial y para alimentación animal.

Abstract

Title: Usos potenciales del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) con base en su contenido bromatológico y de aceite esencial.

Author: Darío Albeiro Sandoval Reyes y María Andrea Lizcano González

Keys Words: non-timber forest products, agroforesteria

Description:

Plants of the genus *Hedyosmum* have been studied to know the extraction potential and composition of their essential oil, however no information is known about its nutritional value or the uses of some species belonging to this genus in animal feed. Samples of 12 hail (*Hedyosmum bonplandianum*) individuals were taken in this study with DAP ranging from 5 to 24.1 cm grouped into three categories: plants with smaller DAPs (C1), plants with intermediate DAPs (C2) and plants with larger DAPs (C3); essential oil were extracted from these individuals and bromatological analysis were performed to know its capacity in essential oil production and animal feeding. The extraction of the essential oil was carried out using hydrodistillation technique from 3 kg of fresh leaves and their composition was determined by gas chromatography with selective mass detector (GC-MS); bromatological characteristics were measured to the same leaves before and after extracting their essential oil. The results showed that plant yields increase as the DAP of the species increases, however its composition is not affected by DAPs; the majority component of all oils was sabinene, but there were variations in the presence of other compounds such as α -pinene, β -pinene, 1.8-cineol, linalol, and trans- β -ocimene. On the other hand, it was found that bromatological characteristics do not change with DAP and their values fall within the normal ranges for forage plants, in addition, the by-product of the extraction retains its bromatological characteristics, which allows the plant to be classified as a specie with potential for the extraction of essential oil and animal feeding

Introducción

Los bosques altoandinos son ecosistemas ubicados entre los 1500 y 3800 msnm, distribuidos a lo largo de la cordillera de los Andes septentrionales; se encuentran antrópicamente fragmentados y su ciclaje de nutrientes es lento debido a que las temperaturas son bajas. El bosque alto andino se caracteriza por tener árboles de alturas mayores a 10 m y géneros entre los cuales se destacan *Weinmannia*, *Brunellia*, *Miconia*, *Hedyosmum*, *Persea*, *Quercus*, y los helechos arbóreos *Dicksonia* y *Cyathea*. Estos bosques poseen un papel muy importante ya que ayudan a regular el ciclo hídrico y el aprovisionamiento de agua al brindar protección a las cuencas altas de la región Andina (Armenteras et al, 2007).

La presión colonizadora ha sido la mayor causa de pérdida de las áreas boscosas de la región Andina, los ecosistemas más afectados son los de montaña y alta montaña (bosque andino y altoandino) siendo perturbados por una alta tasa de deforestación (Vargas, 2008). La tala de géneros como *el Quercus* y *el Hedyosmum*, debido a ciertas características de su madera, y la expansión de la frontera agrícola y ganadera, han generado sobreexplotación del suelo y disminución de la cobertura del bosque (IDEAM, 2018). Los manejos realizados para mantener estas prácticas han ocasionado, además, cambios en la estructura y la complejidad de los ecosistemas, dando como resultado un cambio en las funciones que este cumple (Vargas, 2008).

Debido a lo anterior, la búsqueda de alternativas de aprovechamiento sostenible de los bosques, que incentiven a la conservación del mismo y apoyen el mejoramiento de la calidad de vida de la población que depende de él, se hace apremiante. En este contexto, los productos forestales no maderables (PFNM) se presentan como una opción de conservación y desarrollo, ya que su aprovechamiento se realiza bajo la premisa de que apoyan la producción y el comercio, generando una mejor calidad de vida y oportunidades de desarrollo a las comunidades adyacentes a los

bosques sin amenazar el medio ambiente; al aumentar el valor de los PFNM se aumenta los incentivos para la conservación del bosque (López, 2008). Entre los PFNM con mayor contribución a la economía se encuentran las esencias o aceites esenciales (FAO, 2002).

Por otro lado, la agroforestería aparece como otra estrategia para lograr sistemas de aprovechamiento sostenible, que contribuye a incrementar la cobertura vegetal, proteger y mejorar la calidad del suelo, aumentar la diversidad biológica, conservar las fuentes hídricas, generar sumideros de CO₂ y alimentos para animales rumiantes y monogástricos, incluso para el ser humano. Se ha evidenciado que estos sistemas agroforestales sostenibles son socialmente deseados y económicamente rentables (Cerrato & Alarcón, 2015; Socarrás & Izquierdo, 2014).

Entre las especies amenazadas pertenecientes al bosque altoandino, y con potencial para el establecimiento de sistemas agroforestales y la extracción de productos forestales no maderables, principalmente aceites esenciales y principios activos, se encuentran las plantas de la familia Chloranthaceae que son reconocidas por sus usos tradicionales como analgésicos, antisépticos, antifúngicos, entre otros; de esta familia se han identificado 124 compuestos entre terpenos, flavonoides, amidas y esteroides (Flórez, 2019) con posible actividad biológica y usos industriales potenciales.

Radice et al. (2019) realizaron el análisis de 50 artículos publicados entre los años 1965 y 2018 sobre los usos en etnofarmacología, farmacología y fitoquímica de las especies del género *Hedyosmum*, destacando que en Sur América y Centro América las partes aéreas de las plantas pertenecientes a este género suelen emplearse en medicina popular, por ejemplo, *H. angustifolium*, *H. bonplandianum* y *H. racemosum* se usan tradicionalmente como antipiréticos, para aliviar los síntomas del resfriado y contrarrestar dolores reumáticos. Asimismo, encontraron que las plantas

del género *Hedyosmum* son especies aromáticas, con contenidos de aceites esenciales ricos en terpenos como β -pineno y sabineno.

Estudios realizados en las hojas del *Hedyosmum bomplandianum*, mostraron que el extracto en n-butanol posee propiedades analgésicas comparables con la fenilbutazona, debido a la presencia de flavonoides glucósidos (Cárdenas, 1993), además, el análisis de la composición de su aceite esencial evidenció la presencia de monoterpenos y sesquiterpenos como el sabineno (15%), E- β -ocimeno (11%), α -bisaboleno (10%) y terpinen-4-ol (7%) (Mundina, 2000).

Pese a los estudios mencionados, no existe información que correlacione la producción de aceites esenciales en el *Hedyosmum bomplandianum* con base a su diámetro (DAP) o las características bromatológicas de sus hojas luego de extraer el aceite esencial, que a su vez se puedan correlacionar con posibles usos de esta especie en agroindustria o en agroforestería, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar los usos potenciales del *Hedyosmum bomplandianum* en base a su contenido de aceite esencial con relación al DAP y la composición bromatológica del subproducto de la extracción.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Determinar los usos potenciales del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) en base a su contenido de aceite esencial con relación al DAP y la composición bromatológica del subproducto de la extracción.

1.2. Objetivos específicos

Determinar la composición y rendimiento del aceite esencial presente en las hojas del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) con relación al DAP.

Comparar las características bromatológicas de las hojas del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) previo y posterior a la extracción del aceite esencial.

Determinar la producción de biomasa del granizo (*Hedyosmum bonplandianum* Kunth) con relación al DAP.

2. Marco referencial

2.1.Marco Histórico

Mundina et al. (2000) realizaron la comparación y determinación de los componentes de aceites esenciales de *Hedyosmum costaricensis*, *Hedyosmum bonplandianum* y *Hedyosmum mexicanum*, encontrando que los aceites esenciales de *H. bonplandianum* y de *H. mexicanum* dieron como componentes mayoritarios hidrocarburos terpénicos, como el sabineno y sesquiterpenos oxigenados como el furanodieno, mientras que el aceite esencial de *H. costaricensis*, presentó como componentes mayoritarios hidrocarburos sesquiterpénicos, como el germacreno-D.

Rodríguez (2006) separó y utilizó el n-butanol presente en el extracto de las hojas del *Hedyosmum bonplandianum* Kunth para validar el uso tradicional de la especie como analgésico, dicho estudio fue realizado en ratones y se tomaron como referencia la morfina y el diclofenalco.

Danis et al. (2012) realizaron un estudio sobre la extracción de aceite esencial de la especie *Hedyosmum glabratum*, por el método de hidrodestilación, en el cual lograron identificar 30 compuestos clasificados como monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos como el 1,8-Cineol y linalol.

Radice et al (2019) realizaron una revisión literaria para hacer la historia del arte del genero *Hedyosmum*, en la cual encontraron información de 1843 escrita en latín sobre los usos más comunes de *Hedyosmum bonplandianum* donde se encontraron usos como calmante de dolores articulares reumáticos, para la fiebre y el resfriado

2.2.Marco teórico

2.2.1. Descripción. El *Hedyosmum bonplandianum* Kunth también llamado comúnmente granizo o silbo silbo, puede alcanzar hasta 10 m de altura y poseer DAP de 12 cm aproximadamente, hojas simples opuestas de color anís, borde dentado el haz es verde oscuro. Las flores son verdosas unisexuales, las flores masculinas se encuentran en amentos y las femeninas en espigas terminales, el fruto es una baya carnosa de color blanco de 5-7 mm de diámetro y tiene un olor agradable. Todos sus órganos (hojas, flores y frutos) son aromáticos (UCO, 2008).

2.2.1.1. Clasificación taxonómica (Morales –L, 2012)

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Chloranthales

Familia: Chloranthaceae

Género: *Hedyosmum*

Epíteto específico: *bonplandianum*

Autor de epíteto específico: Kunth

Nombre científico: *Hedyosmum bonplandianum* Kunth

2.2.1. Distribución. En Colombia se encuentra tanto en la cordillera central como la oriental en el bosque muy húmedo montano (bmh-M) y en el bosque húmedo montano (bh-M) se encuentra desde los 2000 hasta los 3200 msnm. (Cortolima, 2004)

2.2.2. Usos. “Este género tiene usos como plantas ornamentales, fines alimenticios (bebidas tonificantes y saborizantes de licores) y medicinales (tonificante, estimulante, antifúngicas, vermífugas y antidiarreicas)” (Zamora, 2016; Radice et al, 2019).

“El *Hedyosmum bonplandianum* Kunth provee importantes servicios ambientales como los procesos de restauración del bosque y protección de fuentes hídricas” (Cortolima, 2004).

2.2.3. Productos Naturales No Maderables. Según Camacho (2008) los productos naturales No maderables son cualquier producto de origen vegetal, diferente a la madera redonda o aserrada, el cual es utilizado o comercializado de manera directa, a partir de los cuales se elaboran otros productos para su posterior comercialización. Los productos naturales no maderables se clasifican en siete, para Colombia:

1. Aceites esenciales y oleorresinas: se pueden obtener por procesos como extracción, destilación, o mediante la ayuda de enzimas.
2. Gomas y resinas: las gomas se pueden usar para dar consistencia o gelatinizar y las resinas sirven para elaborar pinturas y ungüentos, bálsamos, cosméticos, entre otros.
3. Colorantes, pigmentos y tintes naturales: se obtienen a partir de plantas o insectos.
4. Hierbas y especias: las especias son plantas herbáceas aromáticas.
5. Plantas medicinales y Fito farmacéuticas
6. Flores exóticas: constituido por flores nativas.

7. Frutos exóticos: Constituido por frutos nativos

2.2.4. Aceites esenciales. Los aceites esenciales forman parte de los metabolitos secundarios producidos por las plantas y están constituidos por una mezcla compleja de sustancias químicas volátiles y semivolátiles, dentro de los cuales se encuentran fenoles, alcoholes, ésteres y ácidos; son los responsables del olor y la sensación que causan en la piel (Stashenko, 2009).

Stashenko (2009) afirma que el aceite tiene una textura líquida y grasosa, que en algunos casos tiene la propiedad de cristalizarse debido a su naturaleza, y con la particularidad de que al secarse no deja huella alguna sino un recuerdo sensorial.

Para la extracción de aceite esencial se utilizan principalmente tres métodos:

2.2.4.1. Arrastre de vapor. En esta técnica se adiciona agua a un recipiente con el fin de generar vapor que se conduce a una recámara donde se ubica el material vegetal, este vapor rompe las células oleíferas y libera los volátiles presentes en la parte de la planta utilizada, que posteriormente se dirigen a un condensador, en donde pasan a estado líquido ([Cerutti y Neumayer, 2004](#)), ver Figura 1.

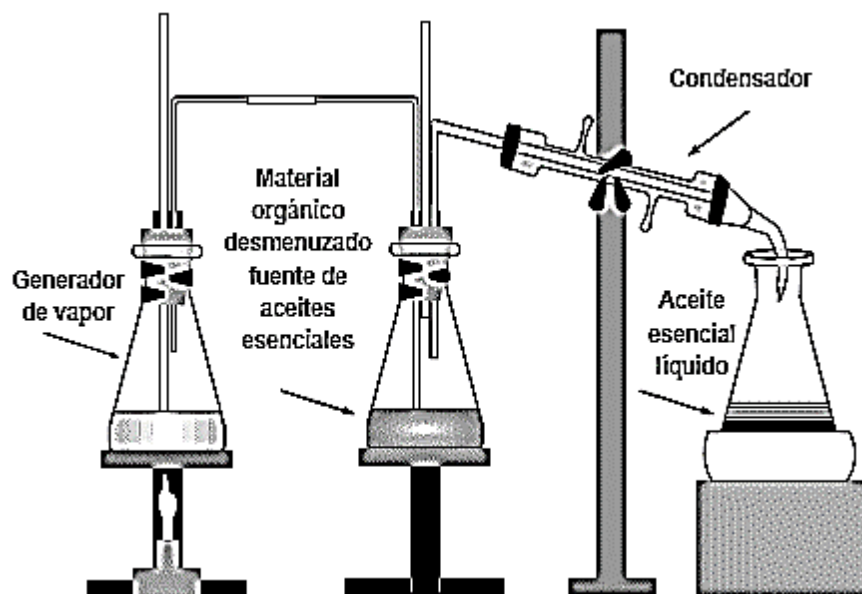


Figura 1. *Montaje arrastre de vapor.* Adaptado de Balboa.(2016). Equipo experimental para la destilación por arrastre de vapor (dav). recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172975322016000100003&lng=es&nrm=iso.

2.2.4.2. Hidrodestilación. El material vegetal se deposita en un balón o un recipiente de destilación previamente llenado con agua y se somete al calor; cuando el agua hierve se liberan los volátiles presentes en la parte de la planta utilizada que en seguida ascienden por la cabeza del montaje de destilación y se conducen a un refrigerante para provocar su condensación (Chávez, 2007), ver Figura 2.

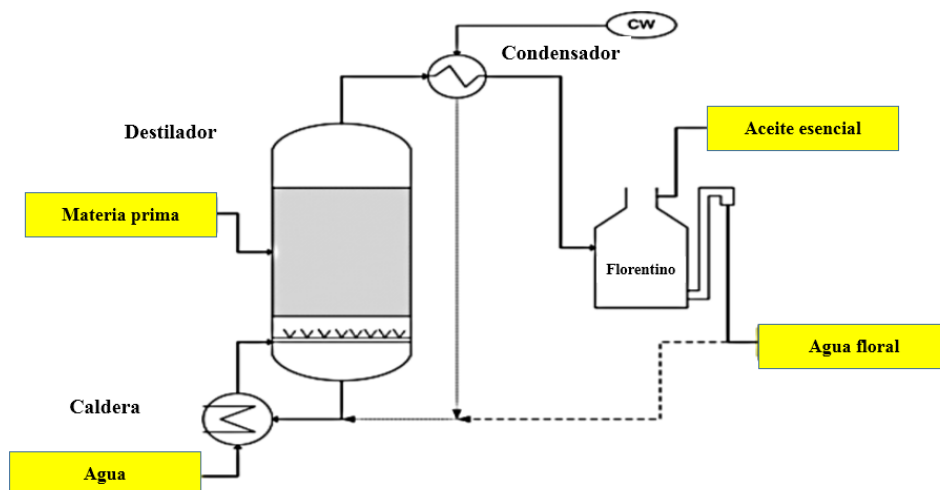


Figura 2. Montaje de hidrodestilación. Adaptado de Cepardr (2010). Portal Hidrodestilación de Aceites Esenciales. Recuperado de <http://thechemistry.blogspot.com/2007/10/portal-hidrodestilacin-de-aceites.html>.

2.2.4.1. Destilación con agua-vapor. En este proceso, a diferencia del arrastre con vapor, se suspende y apoya el material vegetal sobre una malla ubicada en el mismo contenedor en el que se ha adicionado agua y sin tener contacto con ella. El agua, a su vez, se somete a ebullición para generar vapor húmedo que entra en contacto con la parte de la planta depositada. Finalmente, la mezcla de vapores se dirige a un refrigerante para provocar su condensación (Stashenko, 2009).

2.2.4.2. Rendimiento de los aceites esenciales. En la producción de aceites esenciales se encuentran rendimientos muy bajos dado que si se quiere obtener 1 g de aceite se debe tener disponible 100 gramos de material. Sin embargo, lo anterior depende de la planta con la que se esté trabajando. Los rendimientos de los aceites esenciales oscilan entre el 0,1 a 2,0 % (Montoya, 2010).

2.2.5. Determinación de los componentes de un aceite esencial. La composición de los aceites esenciales varía dependiendo de que parte de la planta se extraiga el aceite; dentro de los componentes químicos mayoritarios se pueden encontrar monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos (López, 2014)

La determinación cuantitativa de los componentes del aceite esencial se realiza por medio de cromatografía de gases y la determinación cualitativa se hace por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (Márquez, 2016)

2.2.6. Cromatografía de gases. Es un método que consiste en la separación de una mezcla, los componentes a separar se distribuyen en dos fases:

La fase móvil, que es un gas inerte y puede ser Helio, Argón o Nitrógeno, cuya función es el transporte de los componentes de la muestra a través de la columna (Muñoz, 2018).

La fase estacionaria, que es un adsorbente cuya función es retener los compuestos de la mezcla durante un tiempo (Muñoz, 2018).

En la ilustración 3 se encuentran los componentes de un cromatógrafo de gases

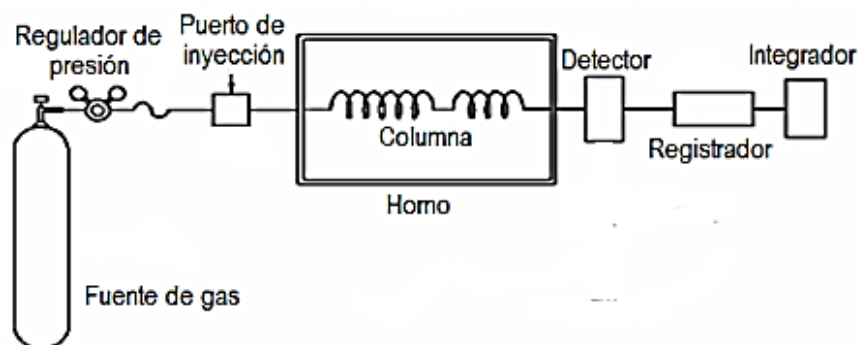


Figura 3. Principales componentes de un cromatógrafo de gases. Adaptado de Muñoz Ramírez, A. O. (2018). Métodos para interpretar la prueba de cromatografía de gases.. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/9797>.

2.2.6.1. Cómo interpretar un cromatograma de picos:

- **Línea base:** Registro correspondiente al gas portador puro (gas que tiene afinidad con los componentes presentes en la muestra siendo capaz de desprenderlos y transportarlos a través del horno hasta el detector).
- **Pico de aire:** es una cantidad de aire que entra a la columna cuando se introduce la muestra.
- **Área de pico (S):** área comprendida entre el pico y la prolongación de la línea base.
- **Tiempo muerto (t_0):** tiempo en que un soluto permanece en fase móvil.
- **Tiempo de retención (t_R):** tiempo que transcurre desde la inyección de la muestra hasta obtener el pico máximo.
- **Altura de pico (h):** distancia entre la base de prolongación y la cima del pico.
- **Anchura de pico (a):** longitud de la prolongación de la línea base de donde empieza y termina el pico horizontalmente.
- **Anchura de pico en la semialtura ($a_{h/2}$):** distancia paralela a la línea base tomada a la mitad de altura de pico. Ver ilustración 4

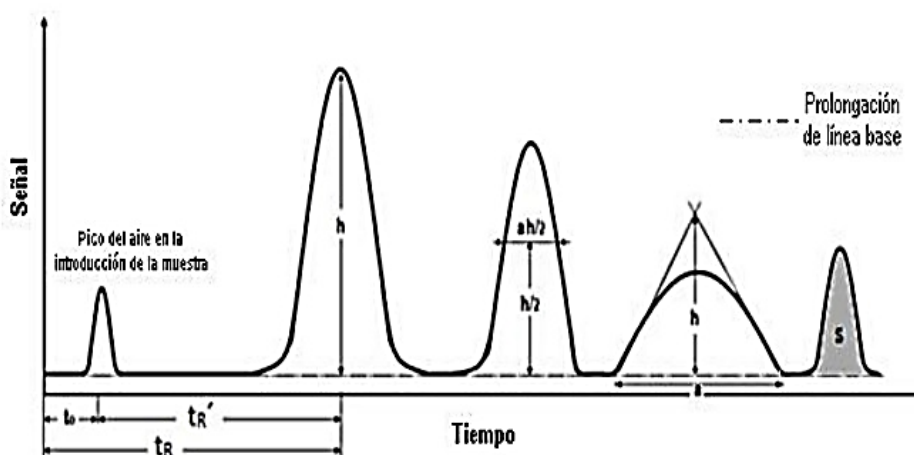


Figura 4. Cromatograma de picos. Adaptada de Muñoz Ramírez, A. O. (2018). Métodos para interpretar la prueba de cromatografía de gases. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/9797>.

2.2.1. Usos de los aceites esenciales. La estructura y funcionalización de los componentes de un aceite esencial están ligados a las actividades biológicas que estos presentan y los usos (principalmente farmacológicos) que se les confiere; su empleo como agentes antimicrobianos, expectorantes, espasmolíticos, carminativos, antiinflamatorios, sedantes, analgésicos, son algunos ejemplos de usos que se les da a los aceites esenciales (Cañigual y Vila, 2007).

2.2.2. Condiciones para que un árbol o un arbusto llegue a ser forrajero. Para que un árbol llegue a ser considerado como forrajero debe cumplir con unas características, dentro de ellas encontramos que su consumo por los animales sea adecuado y realice cambios en este, que el contenido de nutrimentos sea interesante para la producción animal, que sea tolerable a la poda y que los rebrotes aseguren buena biomasa (Flórez, 2008).

Los forrajes se clasifican según:

Su contenido de materia seca y fibra bruta

Dentro de este encontramos los que son los voluminosos estos contienen contenido de materia seca de 10 a 90 %, y en fibra bruta del 18 a 50%, los concentrados que su porcentaje de materia seca oscila de los 35 a 90% y la fibra bruta menor al 18% y finalmente se encuentran los succulentos estos tienen un porcentaje de materia seca menor al 35% y la fibra bruta menor al 18% (Flórez, 2008).

3. Metodología

3.1. Ubicación

El estudio se realizó en un bosque húmedo montano – bh-M, perteneciente al municipio de Carcasí, ubicado en la cordillera oriental con coordenadas geográficas Norte: $6^{\circ}35'24.92''$, Oeste: $72^{\circ}37'16.86''$ y Norte: $6^{\circ}35'17.78''$, Oeste: $72^{\circ}37'16.86''$ a 2800 msnm con una pluviosidad promedio entre 1000 y 1500 mm/ año y una temperatura promedio de 12°C año. En la ilustración 5 se muestra el mapa.

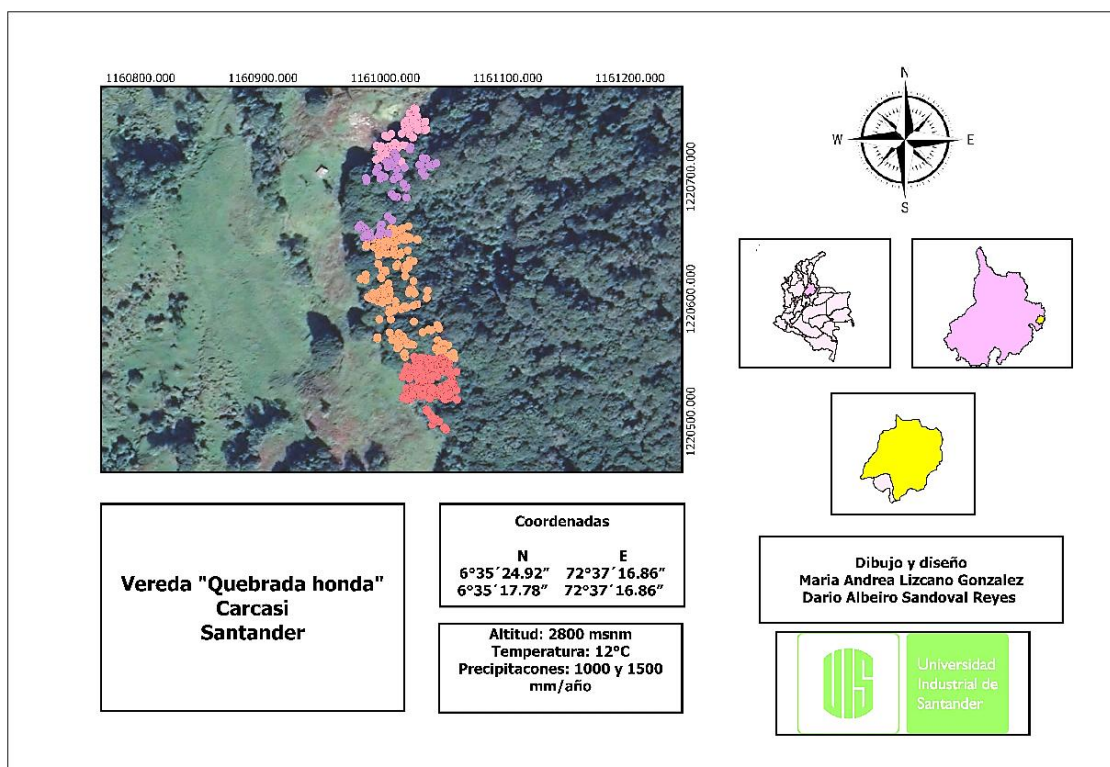


Figura 5. Mapa localización del proyecto.

3.2. Inventario forestal

Como se sugiere en las guías técnicas para la ordenación del manejo sostenible de los bosques naturales, el inventario se realizó por medio de censo para conocer y cuantificar los árboles de granizo; se tomaron datos como ubicación y DAP de cada árbol (Ver apéndice 1).

De los 517 árboles censados se eliminaron los árboles con DAP menores a 5cm ya que no aportaban biomasa suficiente para la extracción del aceite esencial.

3.3. Diseño experimental

A partir del análisis del inventario realizado en el área de estudio, se desarrolló un diseño completamente al azar con tres clases diamétricas y cuatro repeticiones por clase diamétrica para un total de 12 unidades experimentales

3.3.1 Clases diamétricas : las clases diamétricas seleccionadas fueron las siguientes:

Clase diamétrica uno (C1): DAP entre 5,0 cm y 11,3 cm

Clase diamétrica dos (C2): DAP entre 11,4 cm y 17,7 cm

Clase diamétrica tres (C3): DAP entre 17,8 cm y 24,1 cm

A cada unidad experimental se le realizó la extracción del aceite esencial y el análisis bromatológico previo (A) y posterior (B) a la extracción del aceite.

3.4. Recolección del material

Por cada unidad experimental se recolectaron cinco (5) kg de hojas, las cuales se embalaron en costales para su transporte al laboratorio.

3.5.Extracción del aceite esencial

La extracción del aceite esencial de las hojas del granizo se realizó mediante la técnica de hidrodestilación, para lo cual se empleó un extractor de aceites esenciales escala laboratorio con capacidad de treinta (30) L. Se utilizaron tres (3) kg de material vegetal previamente triturado mezclados con tres (3) L de agua y el tiempo de la extracción fue de una (1) hora y treinta (30) minutos

3.6.Composición química de los aceites esenciales

La composición química de los aceites esenciales se realizó en el laboratorio de Cromatografía de gases y Espectrometría de masas (Crom-Mass) adscrito al CENIVAM y se determinó en un cromatógrafo de gases AT 6890 *series plus* (Agilent Technologies, Palo Alto, California, EE.UU.) acoplado a un detector selectivo de masas (Agilent Technologies, MSD 5975) operado en el modo de barrido completo de radio frecuencia (*full scan*). La columna empleada en el análisis fue DB-5MS (J & W Scientific, Folsom, CA, EE.UU.) [5%- fenil-poli (dimetilsiloxano), 60 m x 0,25 mm x 0,25 μ m]. La inyección se realizó en modo *Split* (30:1), $V_{iny}=2 \mu$ L.

3.7. Análisis bromatológicos

Se determinaron las características bromatológicas a las hojas de la planta, previo y posterior a la extracción del aceite esencial. Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Reconversión Ganadera y Agroforestal de la Universidad Industrial de Santander- Sede Málaga y comprendieron lo siguiente:

- **Materia seca (MS FDH):** se determinó a la muestra previamente deshidratada a temperatura ambiente, usando un horno operado a temperatura de 105°C por 24 horas.
- **Cenizas (CNZ):** se determinó calcinando las muestras en una mufla, a temperatura de 550° C durante seis horas.
- **Contenido de grasas (GRASAS):** se determinó en un extractor de grasas, marca Velp Scientifica, utilizando éter de petróleo como solvente.
- **Determinación de proteína (PRO.B):** se realizó en un analizador elemental CHNS/O, marca Thermo Scientific. El porcentaje de Nitrógeno obtenido se multiplicó por un factor de 5,75 (con base en las recomendaciones de los fabricantes del equipo) para calcular el contenido de proteína.
- **Energía:** se determinó en un calorímetro, marca Parr.
- **Análisis elemental (C H N):** se realizó en un analizador elemental CHNS/O, marca Thermo Scientific. Además del porcentaje de Nitrógeno se determinaron los porcentajes de carbono (C) e hidrógeno (H).

3.8. Análisis estadístico

Los registros de las variables analizadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) de acuerdo con el diseño experimental empleado. Cuando hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) se utilizó el test de rangos múltiples de Tukey para la separación de medias. Los análisis se realizaron en el paquete estadístico SAS ([SAS Institute Inc, 1991](#)), Además se utilizó el software Rproject en la realización de las gráficas de correlación.

4. Resultados y discusión

4.1. Rendimiento de los aceites esenciales

Los rendimientos de los aceites esenciales del granizo evaluados con base en el DAP de la planta presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre DAP mayores (C3) comparado con los DAP menores (C1) y los DAP intermedios (C2); los valores oscilaron entre 0,007 y 0,103%, observándose un mayor porcentaje de rendimiento para las plantas con DAP mayores (C3), como se muestra en la Tabla.

Tabla 1. Rendimiento de aceite esencial del granizo con base en DAP

Clases diamétricas	% Rendimiento
C1	0,007 ^B
C2	0,020 ^B
C3	0,103 ^A
CV	26,063

CV: coeficiente de variación. Medias en columnas seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$), prueba de rangos múltiples de Tukey

Se evidenció que hay una relación directa positiva (Figura 6) entre el rendimiento del aceite esencial y el DAP en el granizo, con un porcentaje de correlación de 0.93% entre ambas variables.

Para las plantas con DAP mayores el rendimiento de la extracción se ubica en el rango promedio para plantas aromáticas (0,1 y 2,0%), lo que indica que las plantas de granizo con DAP mayores a 17,4 cm exhiben un potencial productivo para la extracción de aceites esenciales.

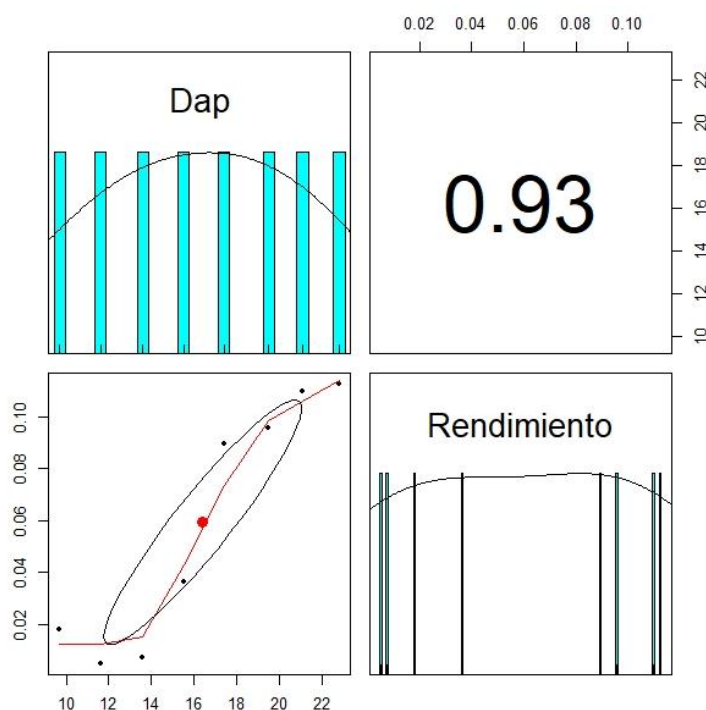


Figura 6. Correlación DAP- Rendimiento de extracción de aceite esencial

Mundina *et al.* (2000) reportaron un rendimiento de 0,06% para el aceite esencial extraído de hojas de *Hedyosmum bonplandianum* por la técnica de hidrodestilación; valor similar al obtenido en este estudio para las plantas con DAP menores. El mismo estudio encontró porcentajes de rendimiento de 0,4; 0,6 y 0,1% para aceites esenciales extraídos de hojas de *Hedyosmum mexicanum*, frutos de *Hedyosmum mexicanum* y hojas de *Hedyosmum costaricensis*.

respectivamente; el aceite esencial de las hojas y frutos de la primera especie superó los valores obtenidos por este estudio en plantas con DAP mayores y fue similar con la segunda especie, para plantas con DAP mayores.

Zamora *et al.* (2016) encontraron que el rendimiento del aceite esencial de extraído de hojas de *Hedyosmum translucidum* por hidrodestilación asistida con microondas fue de 1,2% y Danis *et al.* (2012) reportaron un rendimiento del 1,94% del aceite esencial extraído del extracto en n-hexano del *Hedyosmum glabratum*; valores superiores a los obtenidos en este estudio.

El rendimiento promedio encontrado en la extracción de aceites esenciales de *Hedyosmum purpurascens* por Cevallos (2018) y Moreno (2014) fue de 0,02% y de 0,04% respectivamente, en el aceite esencial de *Hedyosmum luteynii* extraído por Torres *et al.* (2018), fue del 0,07% rendimientos enmarcados dentro de los rangos cuantificados para el *H. bonplandianum* con DAP menores, pero inferiores a los encontrados en plantas con DAP mayores (0,102%).

4.2.Composición del aceite esencial

No se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la composición de los aceites esenciales evaluados.

Los componentes mayoritarios encontrados por cada tratamiento, con porcentajes promedio fueron, para el plantas con DAP menores (C1) sabineno (55,2%), β -pineno (12,6%), α -pineno (4,9%) y 1,8-cineol (3%); para plantas con DAP intermedios (C2) sabineno (28,0%), linalol (14,7%), β -pineno (9,5%), 1,8-cineol (7,7%), trans- β -ocimeno (7%) y α -Pineno (4,8%), y para plantas con DAP mayores (C3) sabineno (34,9 %), β -pineno (11,4%), linalol (8,2 %), α -pineno (6,5%) y 1,8-cineol (6,1 y %) (Tabla 2).

El componente mayoritario en todos los aceites evaluados fue el sabineno, sin embargo, se observan variaciones en la presencia y cantidad relativa de otros componentes, como α -pineno, β -pineno, linalol, 1,8-cineol y trans- β -ocimeno.

Tabla 2. Composición del aceite esencial del granizo con base en el DAP

Identificación tentativa	Cantidad relativa (%) Muestra							
	C1		C2		C3			
α -Tujeno	0,9	± 0,4	0,9	± 0,45	0,9	± 0,33		
α -Pineno	4,9	± 0,7	4,8	± 0,2	6,5	± 1,48		
Canfeno	0,3	± 0,2	0,4	± 0,1	0,4	± 0,38		
Sabineno	55,2	± 7,9	28	± 5,45	34,9	± 10,33		
β -Pineno	12,6	± 1,8	9,5	± 2,4	11,4	± 1,23		
β -Mirceno	2,1	± 1	2,9	± 1,2	1,5	± 0,73		
<i>P</i> -Cimeno	0,4	± 0,4	0,6	± 0,35	1,3	± 0,48		
Limoneno	1,1	± 0,3	1,4	± 0,25	1,6	± 0,25		
1,8-Cineol	3	± 1,1	7,7	± 0,55	6,1	± 1,73		
trans- β -Ocimeno	2	± 2,1	7	± 1,9	2,3	± 2,28		
trans-Hidrato de sabineno	0,7	± 0,3	0,8	± 0,05	1,2	± 0,58		
Linalol	2,8	± 5,8	14,7	± 4,5	8,2	± 7,03		
Epóxido de trans- β -Ocimeno	-		-		0,2	± 0,48		
trans-Pinocarveol	-		0,1	± 0,1	1	± 0,78		
trans-Verbenol	-		-		0,2	± 0,38		
Alcanfor	0,3	± 0,3	0,4	± 0,2	0,3	± 0,43		
Pinocarvona	-		0,5	± 0,3	0,2	± 0,45		
cis-3-Pinanona	-		0,3	± 0,25	0,4	± 0,55		
Terpinen-4-ol	2,3	± 0,6	1,9	± 0,35	1,7	± 0,88		
α -Terpineol	-		1	± 0,15	0,4	± 0,35		
Mirtenol	-		0,1	± 0,1	0,6	± 1,1		
Acetato de linalilo	-		0,3	± 0,1	0,2	± 0,23		
Acetato de cis-crisantenilo	-		-		0,1	± 0,23		
Acetato de bornilo	-		0,9	± 0,45	1,3	± 0,63		
Acetato de trans-pinocarvilo	-		0,5	± 0,45	1,3	± 1,3		
Identificación tentativa	C1		C2		C3			
Acetato de α -terpinilo	-		0,7	± 0,05	0,1	± 0,3		
α -Copaeno	-		0,4	± 0,1	1	± 1,58		

β-Elemeno	0,2	$\pm$	0,3	0,4	$\pm$	0,1	0,5	$\pm$	0,5
Metil-eugenol		-		1,1	$\pm$	1,05	1,2	$\pm$	0,93
9-<i>epi</i>-β-cariofileno	0,2	$\pm$	0,2	0,4	$\pm$	0,1	0,3	$\pm$	0,33
(5R,6R)3-6-Dimetil-5-(prop-1-en-2-il)-6-vinil-4,5,6,7-tetrahidrobenzofurano (Curzereno)	1,6	$\pm$	0,5	1	$\pm$	0,3	0,2	$\pm$	0,68
Biciclogermacreno	1,8	$\pm$	0,3						
Cubebol	0,2	$\pm$	0,8	1,9	$\pm$	0,25	0,1	$\pm$	0,3
(1R,2R,4S,6S,7S,8S)-Isopropil-1-metil-3-metilentriciclo[4,4,0,02,7]decan-4-ol (β-Copaen-4α-ol)	0,3	$\pm$	0,7	0,3	$\pm$	0,5	0,7	$\pm$	1,18
Espatulanol	1,1	$\pm$	0,5	0,6	$\pm$	0,25	1,2	$\pm$	1,23
Globulol	0,3	$\pm$	0,1	2	$\pm$	0,35	2,4	$\pm$	0,7
Isoespatulanol	0,2	$\pm$	0,2	0,3	$\pm$	0,1	0,5	$\pm$	0,13
α-Cadinol		-		0,2	$\pm$	0,15	0,1	$\pm$	0,3
β-Eudesmol	0,9	$\pm$	0,3	0,1	$\pm$	0,1	0,4	$\pm$	0,83
7R,8R-8-Hidroxi-4-isopropileno-7-metilbiciclo[5,3,1]undec-1-eno		-		0,9	$\pm$	0,2	0,9	$\pm$	0,4
β-Costol		-			-		0,5	$\pm$	0,45
(1S,2S,6R,7R,8S)-8-Isopropil-1-metil-9-oxotriciclo[4,4,0,02,7]dec-3-eno-3-carbaldehído (Brachilaealona B)		-		0,1	$\pm$	0,1	0,7	$\pm$	0,68
(1S,2S,6R,7R,8R)-8-Isopropil-1-metil-9-oxotriciclo[4,4,0,02,7]dec-3-eno-3-carbaldehído (Brachilaealona A)		-			-		0,1	$\pm$	0,23
Alcohol de furfulilo		-		0,1	$\pm$	0,1	0,2	$\pm$	0,53
Identificacion tentativa	C1			C2			C3		
3-Metil-2-(2-metil-2-butenil)-furano (Rosefurano)	-			-			0,1	$\pm$	0,38

Oxido α-Pino	-	-	0,3	±	0,38		
5-Isopropilbicio[3,1,0]hexan-2-ona	-	-	0,3	±	0,5		
Geraniato de metilo	0,2	± 0,3	-	0,2	± 0,33		
Dimetil-decanol	-	0,2 ± 0,15	0,4	±	0,43		
cis-Hidrato de sesquisabineno	-	-	0,1	±	0,38		
Oxido de cariofileno	-	-	0,2	±	0,45		
Òxido de aromandendreno	-	-	0,2	±	0,28		
		-	0,2	±	0,6		
1-((1S,3aR,4R,7S,7aS)-4-Hidroxi-7-isopropil-4-metiloctahidro-1H-inden-1-il)etanona		-					
α-Terpineno	0,8	± 0	-	0,2	± 0,6		
γ-Terpineno	1,2	± 0,1	0,2	± 0,02	-		
Terpinoleno	0,3	± 0	0,5	± 0,05	-		
P-Ment-2-en-1-ol	0,2	± 0,2	0,2	± 0,05	-		
α-Gurjuneno	0,8	± 0,2	0,2	± 0,05	0,1	± 0,3	
Germacreno D	0,5	± 0	0,2	± 0,05	0,1	± 0,3	
2-(3,8-Dimetil-1,2,3,3a,4,5,6,7-octahidro-5-azulenil)-2-propanol (Bulnesol)	0,2	± 0,1	0,5	± 0,2	-		
(3aS,6aR,9aR,9bS)-3,6,9-Trimetilendecahidroazuleno[4,5-b]furan-2(9bH)-ona (dehidrocosteruslactona)	0,5	± 0,5	0,2	± 0,05	-		
Citronelol	-	0,8	± 0,45	-			
Acetato de nerilo	-	0,4	± 0,05	-			
trans-β-Cariofileno	-	0,2	± 0,15	-			

α-Humuleno	-	0,1	±	0,1	-
cis-Verbenol	-	0,1	±	0,1	0,1 ± 0,15
trans-Sabinol	-	-	-	0,1	± 0,3
2,6-Dimetil-3,7-octadien-2,6-diol	-	-	-	0,1	± 0,38
Mirtenal	-	-	-	0,3	± 0,75
Verbenona	-	-	-	0,4	± 0,75
Acetato de crisantenilo	-	-	-	0,1	± 0,38
trans-P-Ment-2-en-1,4-diol	-	-	-	0,1	± 0,38
3,7-Dimetil-7-hidroxi-octanal	-	-	-	0,1	± 0,15
Ácido nerólico	-	-	-	0,1	± 0,23
		-	-	0,2	± 0,45
	-				
Identificación tentativa					
5,9-Dimetil-4,8-decadial					—
6-Metil-3,5-heptadien-2-ona	-				
Octanoato de metilo	-	-	-	0,2	± 0,68
trans-2,6-Dimetil-1,3,5,7-octatetraeno (Cosmeno)	-	-	-	0,1	± 0,23
α-Bergamoteno	-	0,3	±	0,25	-
1,2-Dimetoxi-4-propenil-benceno	-	1	±	0,95	-
2-(3-Isopropenil-4-metil-4-vinilciclohexil)-2-propanol (Elemol)	-	0,1	±	0,1	-
		0,3	±	0,3	-
					-

Se observó que las variaciones en la presencia de los componentes y su cantidad relativa no dependen del DAP de la planta y que los aceites esenciales son del tipo monoterpénico, ya que sus componentes mayoritarios son hidrocarburos monoterpenos y monoterpenos oxigenados.

Mundina *et al.* (2000) encontraron como componentes mayoritarios del aceite esencial del *H.bonplandianum* el sabineno (14.7%), (E)- β -Ocimeno (10.8%), Terpinen-4-ol (7.0%) y α -Bisaboleno (10.3%), resultados concordantes con este estudio donde el componente mayoritario fue el sabineno, pero con variaciones en los porcentajes reportados y la presencia de linalool y α -pineno. Por otro lado, cambiaron los componentes mayoritarios del *Hedyosmum costaricensis* siendo germacreno-D (32%), (E,E)- α -farneseno (8%) y β -cariofileno (6,1%) y fue similar en el sabineno para *Hedyosmum mexicanum*, pero diferente en la presencia de germacreno- β .

4.2.1 Usos de los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial de granizo.

En las tablas 3 y 4 se presentan los usos reportados en la literatura para los componentes mayoritarios encontrados en el granizo.

Tabla 3. Usos reportados en la literatura para los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial del granizo

COMPONENTES MAYORITARIOS	USOS
α-Pineno	Tratamiento de aire Cuidado automotriz Agente aromatizante, fragancias
Sabineno	Agente aromatizante Aditivo alimentario, saborizante
β-Pineno	Productos automotrices Cuidado personal Agente aromatizante
Linalol	Fragancias

	Cuidado personal Pesticidas Cuidado de mascotas
1,8-Cineol	Fragancias Agente aromatizante Cuidado personal Cuidado de mascotas
<i>trans</i>-β-Ocimeno	Aditivo alimentario Saborizante Cuidado personal, cosméticos, fragancias.

Nota : COMPOUND SUMMARY: beta-Bourbonene. Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2005). PubChem Database. beta-Bourbonene, CID=62566. Recuperado de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-Bourbonene>.

Tabla 4. *Propiedades farmacológicas de los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial del granizo*

COMPONENTES MAYORITARIOS	PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS
α-Pino	Antiinflamatorio
β-Pino	Antioxidante
Linalol	Antioxidante
1,8-Cineol	Antioxidante
	Antibiótico
	Antiséptico
Sabineno	Antimicrobiano
	Antiinflamatorio
	Antiinflamatorio
<i>trans</i>-β-Ocimeno	Antifúngico

Nota: Actividad neuroprotectora del aceite esencial de *Salvia lavandulifolia* Vahl. Adaptado de Martínez (2010). ARS Pharmaceutica. Vol. 51 N° 3. Recuperado de <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/26635/Ars%20Pharm%202010%3b51%28Suppl3%29657-675.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Los componentes mayoritarios del aceite esencial de granizo presentan múltiples usos, enfocados principalmente en aplicaciones como agentes aromatizantes, fragantes, aditivos

alimentarios y usos farmacológicos, lo que convierte a la planta en una especie promisorio en la agroindustria.

4.3. Análisis bromatológico y composición elemental

Los contenidos en nitrógeno (N), hidrógeno (H), carbono (C), cenizas (CNZ), grasas (GRASAS), proteína (PRO.B) y energía presentaron valores máximos de 2.27 %, 6.33%, 56.41%, 22.50%, 6.29%, 14.18%, y 4139.78 cal/g respectivamente, y valores mínimos de 1.89%, 5.24%, 45.01%, 16.49%, 3.04%, 11.82% y 3893.97 cal/g respectivamente; sin embargo, no hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre las clases diamétricas seleccionadas (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis bromatológico y composición elemental de las hojas de granizo antes de la extracción.

Clases diamétricas	MS FDH (%)	CNZ (%)	GRASAS (%)	PRO.B (%)	ENERGIA (cal/g)	N (%)	H (%)	C (%)
C1	80,07	21,88	3,17	13,26	3893,97	2,12	5,39	45,01
C2	77,58	16,49	3,04	11,82	3931,36	1,89	5,59	50,67
C3	78,79	22,49	3,83	14,18	4039,96	2,27	5,24	46,08
CV	11,86	46,48	40,89	21,17	2,8915	21,30	12,03	11,03

CV: coeficiente de variación. Medias en columnas seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$), prueba de rangos múltiples de Tukey.

El análisis estadístico indicó que no varían las características bromatológicas, ni la composición elemental de las hojas al variar el DAP de los árboles. Asimismo, los resultados del análisis

bromatológico muestran que los valores se encuentran en los rangos normales de las especies forrajeras, por lo que la planta puede ser empleada en sistemas agroforestales.

Almario et al. (2016) realizaron un estudio a 10 especies con potencial para la alimentación animal en Nicaragua, región de Rivas, y hallaron valores en proteína bruta entre 11,6 y 23,7% para *Leucaena leucocephala*, *Cordia dentata*, *Gliricidia sepium*, *Albizia niopoides*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa pigra*, *Samanea saman*, *Brosimum alicastrum*, *Moringa oleifera* y *Guazuma ulmifolia*; los valores superiores corresponden a *L. leucocephala* y los inferiores a *B. alicastrum*; rango en el cual se encuentran los valores hallados en esta investigación.

Por su parte, Pinto- Ruiz et al. (2010) encontraron valores de proteína de 23,64% en *Leucaena leucocephala*, superiores a los encontrados en este estudio para el *H. bonplandianum*, Nuñez et al, 2019 encontró valores de 14,66, 8,98, y 16,72% en *L. leucocephala*, *Tabebuia rosea* y *G. ulmifolia* respectivamente, datos similares a los encontrados en este estudio.

Referente a la energía, Aye (2016) analizó tres plantas forrajeras, *Moringa oleifera*, *Gmelina arborea* y *Tithonia diversifolia* y reportó valores de energía de 3.764, 3.755 y 3.912 kcal/kg respectivamente. Por otro lado, Hahn et al., (2016) reportaron valores para, *Tithonia diversifolia*, *Alocasia macrorrhiza*, *Trichanthera gigantea* y *Gliricidia sepium* de 4146, 4349, 3737 y 3113 kcal/kg; valores entre los que oscilan los obtenidos en esta investigación.

Pinto- Ruiz et al. (2010) Encontraron valores energéticos de 4,909 cal kg⁻¹ de energía bruta en *L. leucocephala* y 5,185, 4,867 y 4,813 cal kg⁻¹ de energía bruta en el *G. ulmifolia* de distintas especies que se encuentran en la región donde se realizó este estudio; por su parte Holguin et al 2018 encontraron valores en energía bruta de 4,700 cal kg⁻¹ en forraje y 4,370 cal kg⁻¹ en frutos en el *G. ulmifolia* estos valores son superiores al encontrado en este estudio para el *H. bonplandianum*.

Asimismo, Meza et al., (2014) reportaron valores para *Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis* de 11.3, 20.4, 17.4 y 15.5%, siendo menores que los encontrados en este estudio para el *H. bonplandianum*.

Al comparar las características bromatológicas y el análisis elemental de las plantas evaluadas antes (A) y después (B) de realizar la extracción del aceite esencial, se observa que para las variables materia seca (%MS FDH), cenizas (CNZ), proteína (PRO.B), energía, nitrógeno (N), hidrógeno (H) y carbono (C) no se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), no obstante, se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para la variable porcentaje de grasas antes y después de la extracción, obteniéndose mayores valores para las clases diamétricas C1B, C2B y C3B, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis bromatológico y composición elemental de las hojas de granizo previo (A) y posterior (B) a la extracción del aceite esencial.

Clases diamétricas	MS FDH (%)	CNZ (%)	GRASAS (%)	PRO.B (%)	ENERGIA (cal/g)	N (%)	H (%)	C (%)
C1A	80,07	21,88	3,17 ^C	13,26	3893,97 ^B	2,12	5,39	45,01 ^B
C2A	77,58	16,49	3,04 ^C	11,82	3931,36 ^B	1,89	5,59	50,67 ^{AB}
C3A	78,79	22,50	3,83 ^{BC}	14,18	4039,96 ^{AB}	2,27	5,24	46,08 ^{AB}
C1B	76,68	17,88	5,70 ^{AB}	13,16	3960,48 ^{AB}	2,11	5,94	47,50 ^{AB}
C2B	78,73	17,70	5,93 ^{AB}	13,34	4093,14 ^{AB}	2,14	6,33	56,41 ^A
C3B	84,48	21,63	6,29 ^A	13,72	4139,78 ^A	2,17	5,68	49,58 ^{AB}
CV	11,45	37,03	28,07	21,88	2,8072	22,05	10,86	11,93

CV: coeficiente de variación. Medias en columnas seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$), prueba de rangos múltiples de Tukey.

Los resultados muestran que las hojas de granizo usadas para la extracción de aceite esencial se pueden emplear también para la alimentación animal luego de ser sometidas al proceso de extracción ya que no pierden sus características bromatológicas.

4.4. Producción de biomasa

Se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la producción de aceite esencial por planta-año, encontrándose que el valor más alto se presentó en la clase diamétrica C3 (rango de plantas con mayor DAP) lo que puede estar correlacionado con el aumento de área foliar de estas plantas (Tabla 7).

Tabla 7. Producción de biomasa del granizo con base en el DAP.

Tratamiento	Biomasa a 90 días (g)	Biomasa al año (g)	Producción aceite/planta-año (g)
C1	233,33	946,3	0,0973 ^B
C2	300,00	1216,7	0,1784 ^B
C3	400,00	1622,2	1,6740 ^A
CV	30,49688	30,49688	42,67361

CV: coeficiente de variación. Medias en columnas seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$), prueba de rangos múltiples de Tukey.

Se observó que la producción de biomasa y aceite/planta-año aumenta con respecto al DAP de la planta (Figura 7), con una correlación de 0.93 entre las variables.

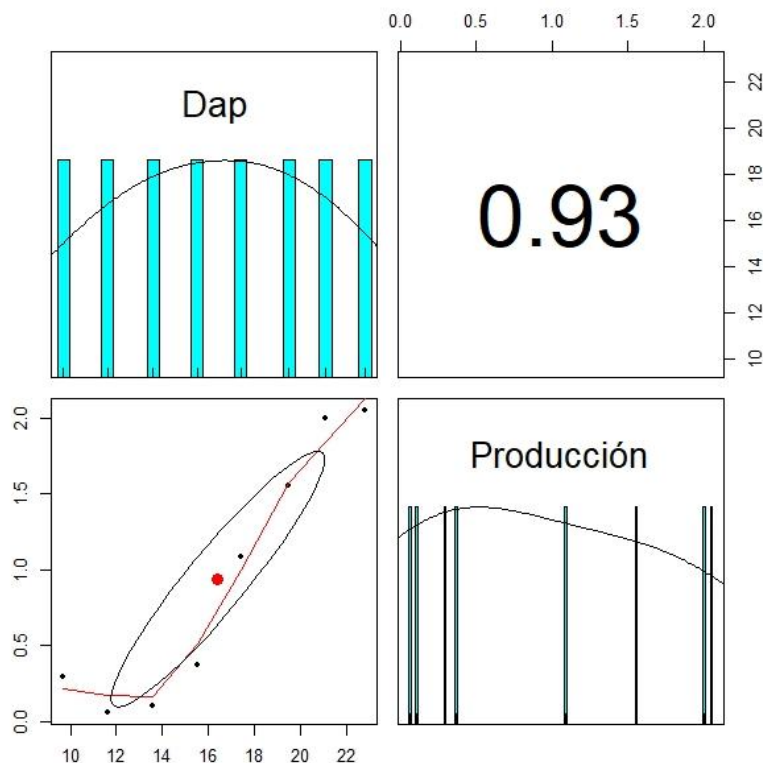


Figura 7. Correlación DAP- Producción de aceite esencial/ planta-año

5. Conclusiones

El aceite esencial de granizo tuvo mayor rendimiento de extracción en plantas con DAP mayores, cuyo rendimiento promedio (0,102%) estuvo dentro del rango normal para plantas aromáticas, asimismo, los aceites esenciales presentaron como componentes principales el sabineno, α -pineno, β -pineno, linalool, 1,8-cineol y trans- β -ocimeno, lo que constituye a la planta como una especie con potencial para la extracción de aceite esencial en DAP mayores a 17,4 cm y promisorio en la agroindustria, con usos potenciales de su aceite esencial como aromatizante, saborizante y aditivo en perfumería y farmacología.

Las características bromatológicas de las plantas de granizo no variaron con el DAP de la misma y presentaron valores dentro de los rangos normales para plantas forrajeras, lo que permite establecer a la planta como una especie con potencial en alimentación de rumiantes; además, las características bromatológicas se conservaron luego de someter las hojas al proceso de extracción del aceite esencial, indicando que el subproducto de la extracción también sirve como alternativa para la alimentación de rumiantes, con el valor agregado de que logra un mayor aprovechamiento de la planta.

La producción de biomasa para el granizo se incrementa en plantas con DAP mayores, garantizando que con el crecimiento de la planta aumenta la producción de aceite esencial.

6. Recomendaciones

Se recomienda ampliar el estudio para determinar cómo varía la composición del aceite esencial con respecto al tipo de suelo, estados fenológicos, efecto de borde y estado fitosanitario del árbol.

Se recomienda estudiar la actividad biológica del aceite esencial del granizo para corroborar sus usos etnofarmacológicos y otras áreas.

Se recomienda estimar el efecto de los parámetros edafoclimáticas sobre la producción de aceite esencial y características bromatológicas para establecer sus mejores condiciones productivas.

Referencias Bibliográficas

- Almario, P., NelsonIbrahim, M. V., Skarpe, C., & Christina Guerin, H. (2016). Diversidad forrajera tropical 1. Selección y uso de leñosas forrajeras en sistemas de alimentación ganadera para zonas secas de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*.N° 50. p. 37-43. Recuperado de <https://brage.inn.no/inn-xmlui/handle/11250/2467521>
- Armeteras, D, C. C. (2007). Evaluacion del Estado de los Bosques de Niebla y de la Meta 2010 en Colombia. Bogotá D.C. Colombia. Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt. p 72.
- Aye, P. A. (2016). Comparative nutritive value of Moringa oleifera, Tithonia diversifolia and Gmelina arborea leaf meals. *Am. J. Food. Nutr*, 6(1), 23-32. Recuperado de <http://scihub.org/media/ajfn/pdf/2016/02/AJFN-6-1-23-32-3.pdf>
- Cañigual, S., & Vila, R. (2007). Los aceites esenciales en fitoterapia. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 6(5), 146. Recuperado de <https://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/856/85617508002/1>
- Sarmiento, C., y León, O. (eds.). 2015. Transición bosque–páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos. Bogotá. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 156. Recuperado de <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11761/9287>
- Cárdenas, L. C., Rodríguez, J., Villaverde, M. C., Riguera, R., Cadena, R., & Otero, J. A. (1993). The analgesic activity of Hedyosmum bonplandianum: flavonoid glycosides. *Planta medica*, 59(01), 26-27. Recuperado de <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2006-959597>.
- Chavez Cerpa Manuel (2007). Hidrodestilacion de aceites esenciales:caracterización. (PhD thesis, Doctoral dissertation). Universidad de Valladolid. Valladolid. España Recuperado de <http://www.anipam.es/downloads/43/hidrodestilacion-de-aceites-esenciales.pdf>
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Revista de investigación academica*,. 7(12), 149,150. Recuperado de <https://www.dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3331453>.

- Cerrato, R. F., & Alarcón, A. (2015). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *CIENCIA ergo-sum*, Vol. 8 (2), 175-183. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10402108.pdf>
- Cevallos Ludeña, M. B. (2018). Análisis enantiomérico y olfatométrico del aceite esencial de la planta *Hedyosmum purpurascens* con flores femeninas en la provincia de Loja (Bachelor's thesis). Universidad técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/xmlui/handle/20.500.11962/22923>.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima.(2004). Flora. Tolima. Colombia. CORTOLIMA. Recuperado de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/APENDICES/K_apendices2101biodiversidad/211111apendice_flora/apendice_2.18_flora.pdf
- Danis, M., Ortega, J., Peña, N., Rojas, L., & Cepeda, Y. (2012). Composición química del aceite esencial de *Hedyosmum glabratum*. *Ciencia*, N° 20. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/cfa3/62aedd1bfdf001db96cc2772d3b5995ad94.pdf>
- Duque, S. U. (2018). Evaluación de residuos de pesticidas en frutas y verduras aplicando cromatografía gaseosa y líquida acoplada a espectrometría de masas (Doctoral dissertation). Universidad de Almería. Almería. España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222019>.
- Flores, F. I., Jorge, J., & Tinajero, M. (2008). “El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible,” *Dialnet Plus*. 21 (962), 28–40. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835697>
- Hahn-von-Hessberg, C. M., Grajales-Quintero, A., & Narváez-Solarte, W. (2016). Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Plantas Forrajeras Comunes en Zona Andina para Alimentación de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Información tecnológica*, 27 (4), 63-72.

- Holguín, A., García, I. I., Delgado, M., & Universidad, I. (2018). Árboles y arbustos para silvopasturas, uso, calidad y alometría. Primera edición, Tolima. Colombia: Universidad del Tolima.
- López. A, Palou. E, & Reyes.F (2014). Actividad antimicrobiana y determinación de los componentes químicos de los aceites esenciales, *Agronomía Mesoamericana* 8 (1) pp 68-78. Recuperado de <http://web.udlap.mx>
- López, R. (2008). Productos Forestales No Maderables: Importancia E Impacto De Su Aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal*, Vol 11, 215–231. <http://doi.org/9789588385747>.
- Martínez Martín, S. M., Naranjo, P., Corral Salvadó, A., & Martínez Ruiz, C. (2004). Actividad diurética y antipirética de un extracto fluido de *Rosmarinus officinalis* L. en ratas. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 9 (1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962004000100007.
- Marqués Camarena, M. (2016). *Composición química de los aceites esenciales de Lavanda y Tomillo. Determinación de la actividad antifúngica* (Doctoral dissertation). Universidad Técnica de Valencia. Valencia. España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/62057>.
- Meza, G. A., Loor, N. J., Sánchez, A. R., Avellaneda, J. H., Meza, C. J., Vera, D. F.,... & Ramírez, M. A. (2014). Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* E *Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61 (3), 258-269. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639241005.pdf>.
- Morales-L, G.(2012). *Hedyosmum bonpladianum* Kunth. Bogotá. Colombia. Jardin Botanico de Bogota Jose Celestino Mutis. Recuperado de <http://colecciones.jbb.gov.co/herbario/especimen/7557>
- Moreno, V. (2014). Determinación fisicoquímica y evaluación de la actividad biológica del aceite esencial del *Hedyosmum purpurascens* (Chloranthaceae) de la provincia de Loja. Loja.

- Ecuador : Universidad técnica Particular de Loja UTPL. Recuperado de <http://190.15.135.60/handle/51000/6155>
- Montoya, G. (2010). Aceites esenciales.(Primera ed.) Manizales. Colombia: Universidad Nacional. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>
- Muñoz Ramírez, A. O. (2018). Métodos para interpretar la prueba de cromatografía de gases En transformadores de potencia (Doctoral dissertation), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Santa Clara de Cuba. Cuba. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/9797>.
- Mundina. M, Vila. R, Tomi. F, Cicció. J, Ibañez. C, Adzet. T, Casanova. J & Cañigüeral. S. (2000). Composition of the essential oils from leaves and fruits of three *Hedyosmum* species from Costa Rica. Pp 201-205. Recuperado de [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1099-1026\(200005/06\)15:3%3C201::AID-FFJ893%3E3.0.CO;2-I](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1099-1026(200005/06)15:3%3C201::AID-FFJ893%3E3.0.CO;2-I)
- Núñez, A., Lammoglia-villagomez, M., & Alarcón-pulido, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México Fodder trees and shrubs used to feed cattle in northern Veracruz, Mexico, V.9, 1–12. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-61322019000100113&script=sci_arttext
- Pinto-Ruiz, D Hernández, H Gómez, MA Cobos, R Quiroga, D Pezo. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales fodder trees from three livestock regions of Chiapas, México : use and nutritional characteristics, 26 (1), 19–31. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792010000100002&script=sci_arttext&tlng=en.
- Quinitiva, A., & Paola, D. (2017). Políticas públicas sobre seguridad alimentaria en los países miembros de la alianza del pacífico: un análisis desde sus objetivos para disminuir la pobreza (1990-2013). Recuperado de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1237&context=economia>.

- Radice, M., Tasambay, A., Pérez, A., Diéguez-Santana, K., Sacchetti, G., Buso, P.,... & Baldisserotto, A. (2019). Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of the genus *Hedyosmum* (Chlorantaceae): Journal of ethnopharmacology, 244(2019) 111932. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874118326011>
- Rodriguez, J. (2006). The Analgesic Activity of *Hedyosmum bonplandianum*: Flavonoid Glycosides, Thieme. 59 (1) . <https://doi.org/10.1055/s-2006-959597>
- Rojas, A., Suárez, J., Guauque, J., & Otavo, E. (2002). Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Bogota. Colombia : Editorial Gente Nueva. Pp 148.
- Stashenko, E. E. (2009). Aceites Esenciales. Bucaramanga. Colombia : Universidad Industrial de Santander.: CENIVAM. Pp 180.
- Universidad Catolica del Oriente .(2008) *Hedyosmum bonpladianum*. Rio negro. Colombia: UCO. Recuperado de <http://www.uco.edu.co/floraorienteoquia/chlorantaceae/Hedyosmum-bonpladianum-HBK/Paginas/default.aspx>
- Torres Rodríguez, S. H., Tovar Torres, M. C., García, V. J., Lucena, M. E., & Araujo Baptista, L. (2018). Composición química del aceite esencial de las hojas de *Hedyosmum luteynii* Todzia (Chloranthaceae). Revista peruana de biología, .25 (2), 173-178. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332018000200012&script=sci_arttext
- Zamora-Burbano, A. M., & Arturo-Perdomo, Da. E. (2016). Composición química del aceite esencial de hojas *Hedyosmum translucidum* Cuatrec. Chloranthaceae (Granizo). Boletín Latinoamericano Y Del Caribe de Plantas Medicinales Y Aromáticas, 15 (3), 192–198. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/856/85645293007.pdf>.

Apéndices

Censo											
codigo	DAP (CM)	codigo	DAP (CM)	codigo	DAP (CM)	codigo	DAP (CM)	codigo	DAP (CM)	codigo	DAP (CM)
A371	1	A491	3,6	A73	6,2	A458	8,4	A195	11,3	A55	17,9
A397	1,3	A66	3,7	A97	6,2	A131	8,5	A222	11,3	A323	18,3
A357	1,4	A98	3,7	A181	6,2	A312	8,5	A248	11,3	A395	18,3
A366	1,5	A301	3,7	A200	6,2	A341	8,5	A105	11,4	A155	18,5
A370	1,5	A327	3,7	A260	6,2	A359	8,5	A238	11,4	A258	18,5
A378	1,5	A368	3,7	A444	6,2	A427	8,5	A346	11,4	A253	18,7
A387	1,5	A43	3,8	A69	6,3	A460	8,5	A471	11,4	A257	19,1
A389	1,5	A83	3,8	A91	6,3	A84	8,6	A489	11,4	A408	19,5
A367	1,6	A144	3,8	A305	6,3	A466	8,6	A19	11,5	A465	20
A372	1,6	A168	3,8	A431	6,3	A40	8,7	A135	11,5	A114	20,1
A356	1,7	A351	3,8	A492	6,4	A117	8,7	A173	11,5	A44	20,2
A377	1,7	A393	3,8	A124	6,5	A208	8,7	A250	11,5	A162	21
A419	1,7	A454	3,8	A145	6,5	A276	8,7	A273	11,5	A2	21,1
A330	1,8	A210	3,9	A147	6,5	A104	8,8	A156	11,6	A505	21,4
A388	1,8	A320	3,9	A227	6,5	A109	8,8	A202	11,6	A252	21,5
A487	1,8	A463	3,9	A292	6,5	A118	8,8	A251	11,6	A405	22,1
A280	1,9	A477	3,9	A435	6,5	A512	8,8	A353	11,6	A149	22,3
A302	1,9	A209	4	A508	6,5	A87	8,9	A416	11,7	A170	22,8
A307	1,9	A229	4	A201	6,6	A120	8,9	A92	11,8	A1	24,1
A369	1,9	A230	4	A4	6,7	A187	8,9	A336	11,8		
A399	1,9	A284	4	A103	6,7	A205	8,9	A348	11,8		
A455	1,9	A300	4	A171	6,7	A110	9	A436	11,8		
A476	1,9	A316	4	A264	6,7	A142	9	A445	11,8		
A511	1,9	A365	4	A509	6,7	A293	9,1	A497	11,8		
A184	2	A503	4	A20	6,8	A420	9,1	A153	11,9		
A374	2	A106	4,1	A29	6,8	A434	9,1	A349	11,9		
A390	2	A231	4,1	A47	6,8	A127	9,2	A350	11,9		
A59	2,1	A361	4,1	A81	6,8	A125	9,3	A161	12		
A259	2,1	A364	4,1	A94	6,8	A191	9,3	A404	12		
A375	2,1	A461	4,1	A121	6,8	A324	9,3	A443	12		
A423	2,1	A510	4,1	A239	6,8	A207	9,4	A475	12		
A483	2,1	A514	4,1	A283	6,8	A321	9,4	A493	12		
A51	2,2	A60	4,2	A406	6,8	A329	9,4	A285	12,1		
A86	2,2	A319	4,2	A468	6,8	A11	9,5	A146	12,2		
A167	2,2	A501	4,2	A480	6,8	A16	9,5	A380	12,2		
A394	2,2	A93	4,3	A53	6,9	A247	9,5	A148	12,4		

A432	2,2	A177	4,3	A450	6,9	A376	9,5	A291	12,4		
A52	2,3	A213	4,4	A490	6,9	A425	9,5	A296	12,5		
A289	2,3	A281	4,4	A7	7	A9	9,7	A338	12,5		
A430	2,4	A439	4,4	A31	7	A335	9,7	A411	12,5		
A77	2,5	A42	4,5	A426	7	A386	9,7	A58	12,7		
A111	2,5	A185	4,5	A470	7	A396	9,7	A277	12,8		
A235	2,5	A282	4,5	A14	7,1	A17	9,8	A313	12,8		
A294	2,5	A358	4,5	A164	7,1	A26	9,8	A25	12,9		
A310	2,5	A451	4,5	A100	7,2	A157	9,8	A216	12,9		
A314	2,5	A48	4,6	A152	7,2	A194	9,8	A354	13		
A385	2,5	A54	4,6	A179	7,2	A267	9,8	A381	13		
A447	2,5	A78	4,6	A203	7,2	A337	9,8	A22	13,1		
A400	2,6	A99	4,6	A220	7,2	A334	9,9	A107	13,1		
A37	2,7	A288	4,6	A32	7,3	A23	10	A188	13,1		
A440	2,7	A362	4,6	A197	7,3	A123	10	A193	13,1		
A38	2,8	A494	4,6	A504	7,3	A126	10	A412	13,2		
A49	2,8	A61	4,7	A46	7,4	A241	10	A15	13,3		
A298	2,8	A102	4,7	A75	7,4	A421	10	A441	13,3		
A433	2,8	A196	4,7	A274	7,4	A449	10	A496	13,3		
A175	2,9	A10	4,8	A340	7,4	A484	10	A410	13,4		
A225	2,9	A223	4,8	A174	7,5	A45	10,1	A245	13,6		
A228	2,9	A499	4,8	A199	7,5	A417	10,1	A479	13,6		
A279	2,9	A80	4,9	A206	7,5	A437	10,1	A383	13,7		
A344	2,9	A90	4,9	A137	7,6	A482	10,1	A413	13,7		
A384	2,9	A236	4,9	A246	7,6	A176	10,2	A12	13,8		
A392	2,9	A332	4,9	A275	7,6	A237	10,2	A218	13,9		
A424	2,9	A485	4,9	A129	7,7	A442	10,2	A409	13,9		
A513	2,9	A62	5	A138	7,7	A290	10,3	A473	13,9		
A6	3	A297	5	A183	7,7	A448	10,3	A132	14		
A160	3	A304	5	A189	7,7	A506	10,3	A159	14		
A214	3	A398	5	A352	7,7	A139	10,4	A178	14		
A234	3	A8	5,1	A452	7,7	A481	10,4	A249	14		
A311	3	A265	5,1	A486	7,7	A112	10,5	A169	14,2		
A18	3,1	A495	5,1	A88	7,8	A407	10,5	A269	14,2		
A82	3,1	A33	5,2	A141	7,8	A211	10,6	A154	14,4		
A272	3,1	A287	5,2	A309	7,8	A243	10,6	A322	14,4		
A363	3,2	A278	5,3	A326	7,8	A391	10,6	A415	14,4		
A373	3,2	A299	5,3	A3	7,9	A402	10,6	A136	14,5		
A39	3,3	A328	5,3	A331	7,9	A150	10,7	A268	14,5		
A67	3,3	A403	5,3	A379	7,9	A133	10,8	A271	14,6		
A113	3,3	A89	5,4	A24	8	A163	10,8	A56	14,8		
A151	3,3	A190	5,4	A27	8	A339	10,8	A226	14,8		
A180	3,3	A70	5,5	A76	8	A456	10,8	A343	14,8		
A263	3,3	A79	5,5	A96	8	A469	10,8	A192	14,9		
A286	3,3	A204	5,5	A186	8	A498	10,8	A325	14,9		

A342	3,3	A233	5,5	A217	8	A57	10,9	A502	14,9		
A72	3,4	A256	5,5	A457	8	A64	10,9	A516	14,9		
A182	3,4	A500	5,5	A108	8,1	A130	10,9	A418	15		
A317	3,4	A35	5,6	A240	8,1	A232	10,9	A507	15		
A428	3,4	A95	5,6	A255	8,1	A438	10,9	A119	15,2		
A478	3,4	A360	5,6	A266	8,1	A464	10,9	A429	15,3		
A36	3,5	A401	5,6	A270	8,1	A13	11	A261	15,5		
A85	3,5	A172	5,7	A382	8,1	A30	11	A347	15,5		
A128	3,5	A41	5,8	A65	8,2	A254	11	A242	15,6		
A224	3,5	A219	5,8	A74	8,2	A318	11	A295	15,6		
A306	3,5	A303	5,8	A446	8,2	A459	11	A63	15,9		
A34	3,6	A68	5,9	A453	8,2	A134	11,1	A262	16,1		
A166	3,6	A101	5,9	A462	8,2	A140	11,1	A244	16,5		
A198	3,6	A212	5,9	A28	8,3	A5	11,2	A414	16,8		
A308	3,6	A333	5,9	A115	8,3	A165	11,2	A515	17,2		
A315	3,6	A21	6	A122	8,3	A215	11,2	A143	17,4		
A355	3,6	A345	6	A488	8,3	A474	11,2	A472	17,5		
A467	3,6	A50	6,1	A116	8,4	A158	11,3	A422	17,7		
		A71	6,2	A221	8,4						

Apéndice 1. Inventario forestal- censo



Apéndice 2. Medición de DAP, cuantificación y marcado de los árboles



Apéndice 3. Recolección y pesado de material en campo



Apéndice 4. Etiquetado del material



Apéndice 5. Cortado y pesado del material



Apéndice 6. Extractor de aceite



Apéndice 7. Material listo para la extracción



Apéndice 8. Extracción y almacenamiento de los aceites esenciales de granizo



Apéndice 9. Secado de material en el horno



Apéndice 10. Calcinación del material



Apéndice 11. Macerado, triturado y tamizado del material



Apéndice 12. Material pulverizado



Apéndice 13. Extracción de grasas en extractor Marca Velp



Apéndice 14. Extracto etéreo



Apéndice 15. Analizador elemental

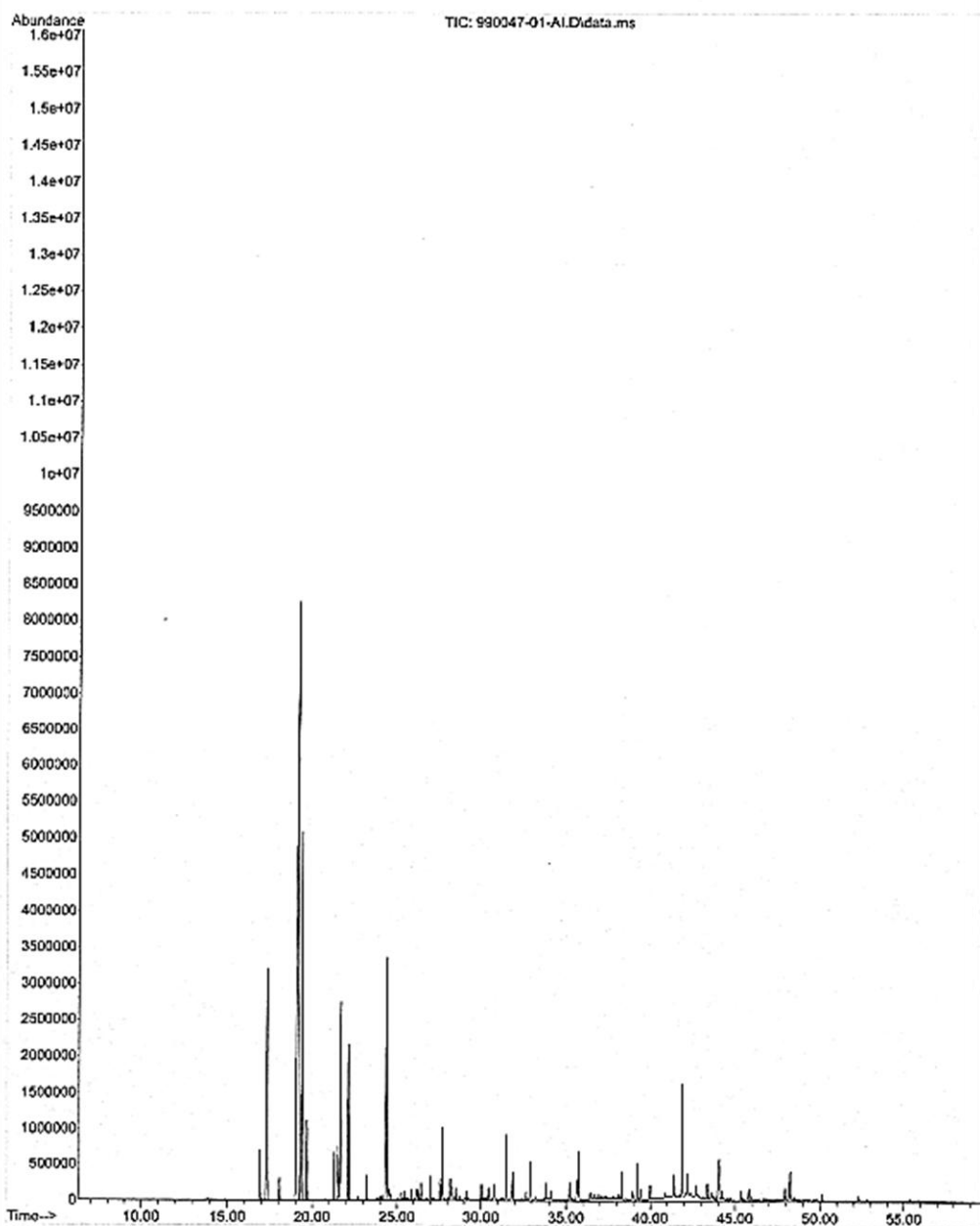


Apéndice 16. Corrido de las muestras en el analizador elemental



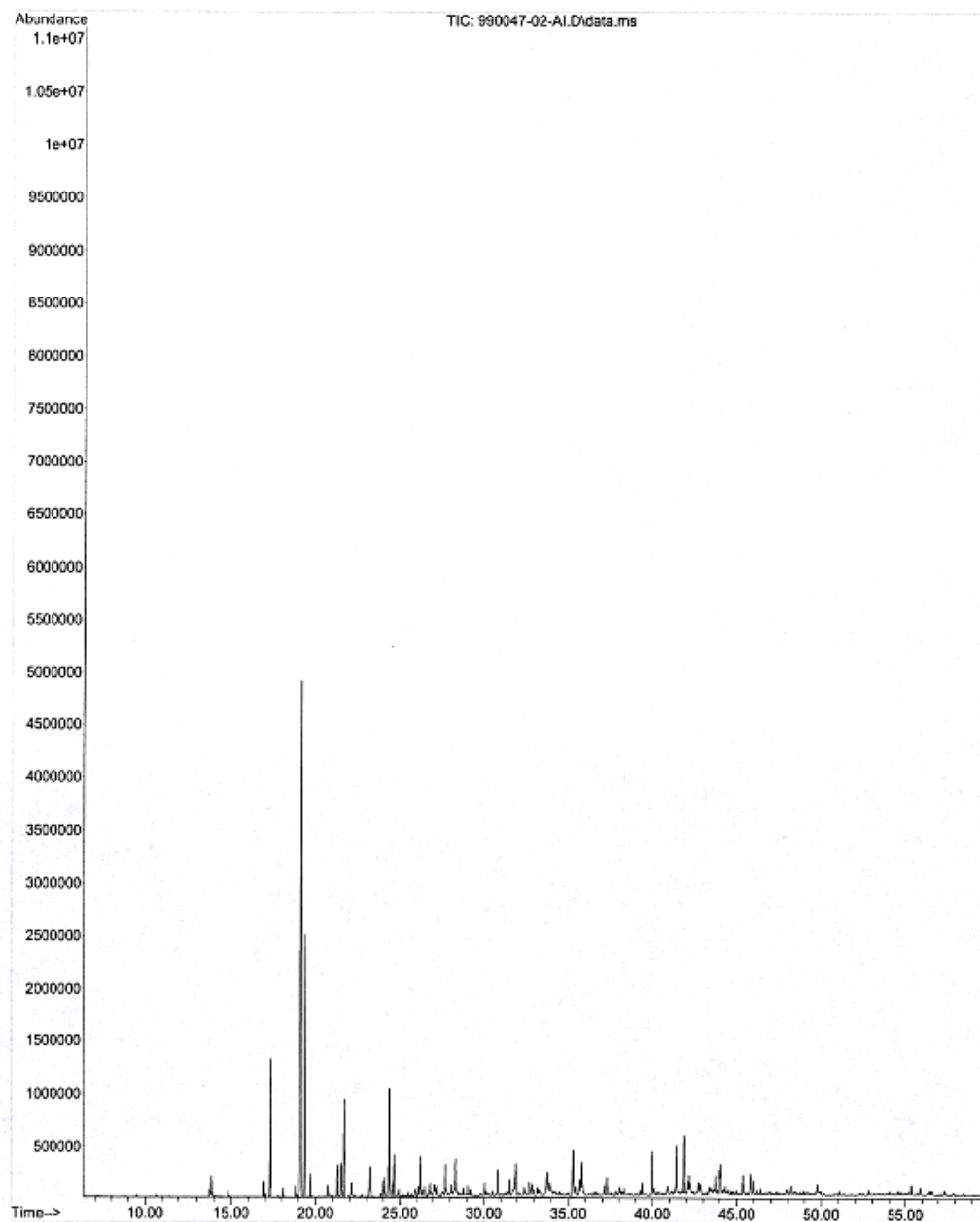
Apéndice 17. Calorímetro

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AI\9900
... 47-01-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 29 Sep 2019 16:31 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-01-AI
Misc Info :



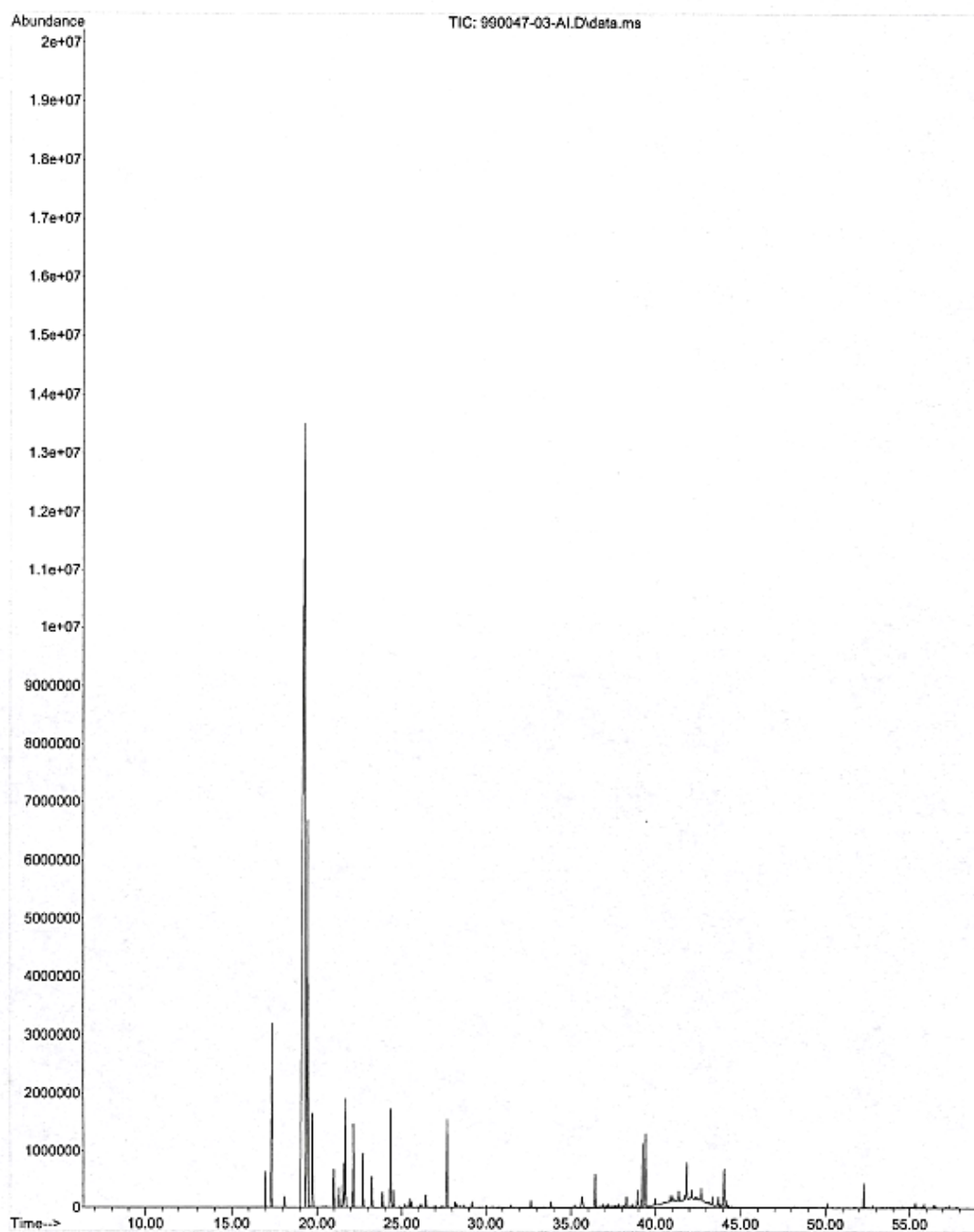
Apéndice 18.Cromatograma muestra uno

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AL\9900
... 47-02-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 29 Sep 2019 18:02 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-02-AI
Misc Info :



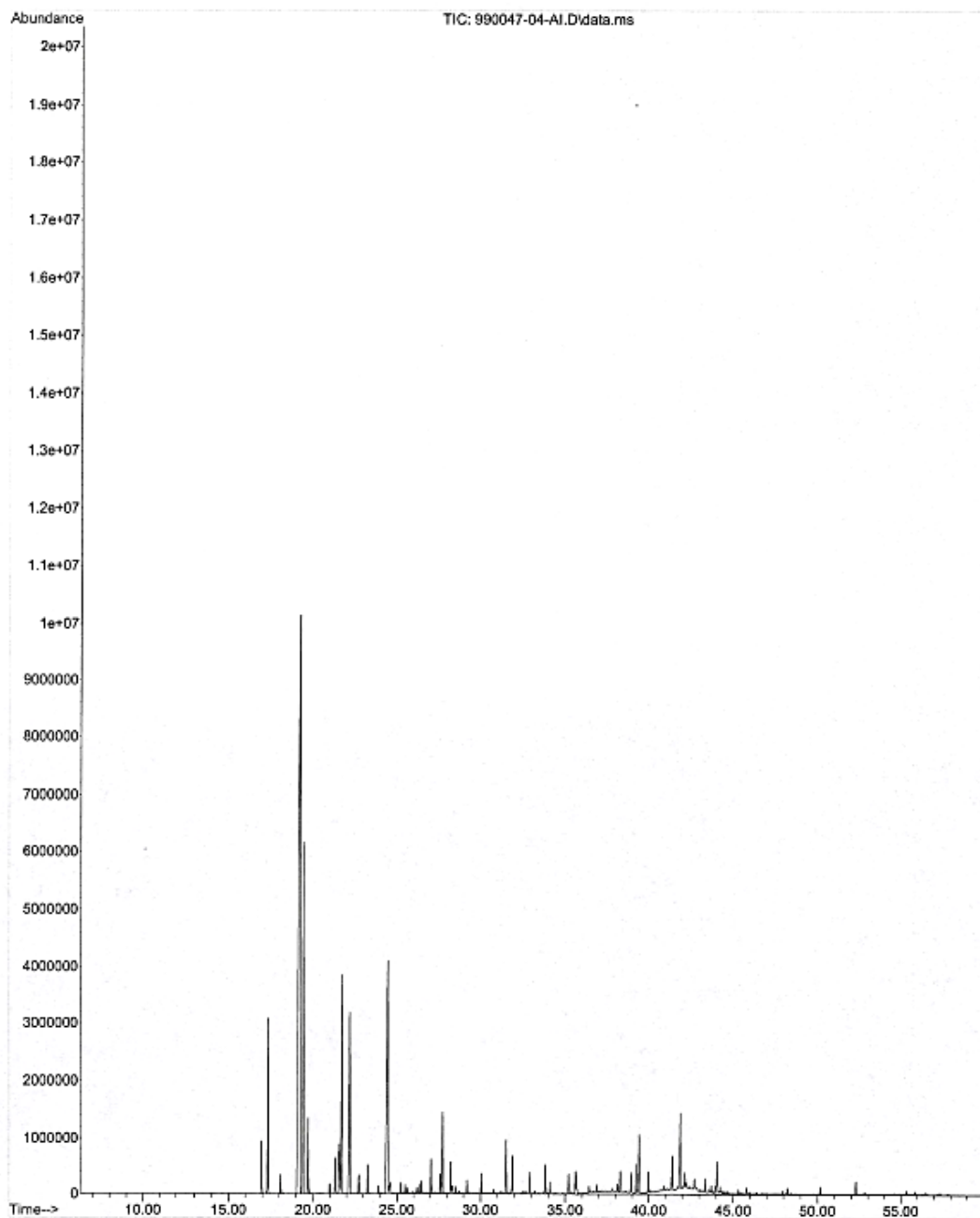
Apéndice 19. Cromatograma muestra dos

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AL\9900
... 47-03-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 29 Sep 2019 19:33 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-03-AI
Misc Info :



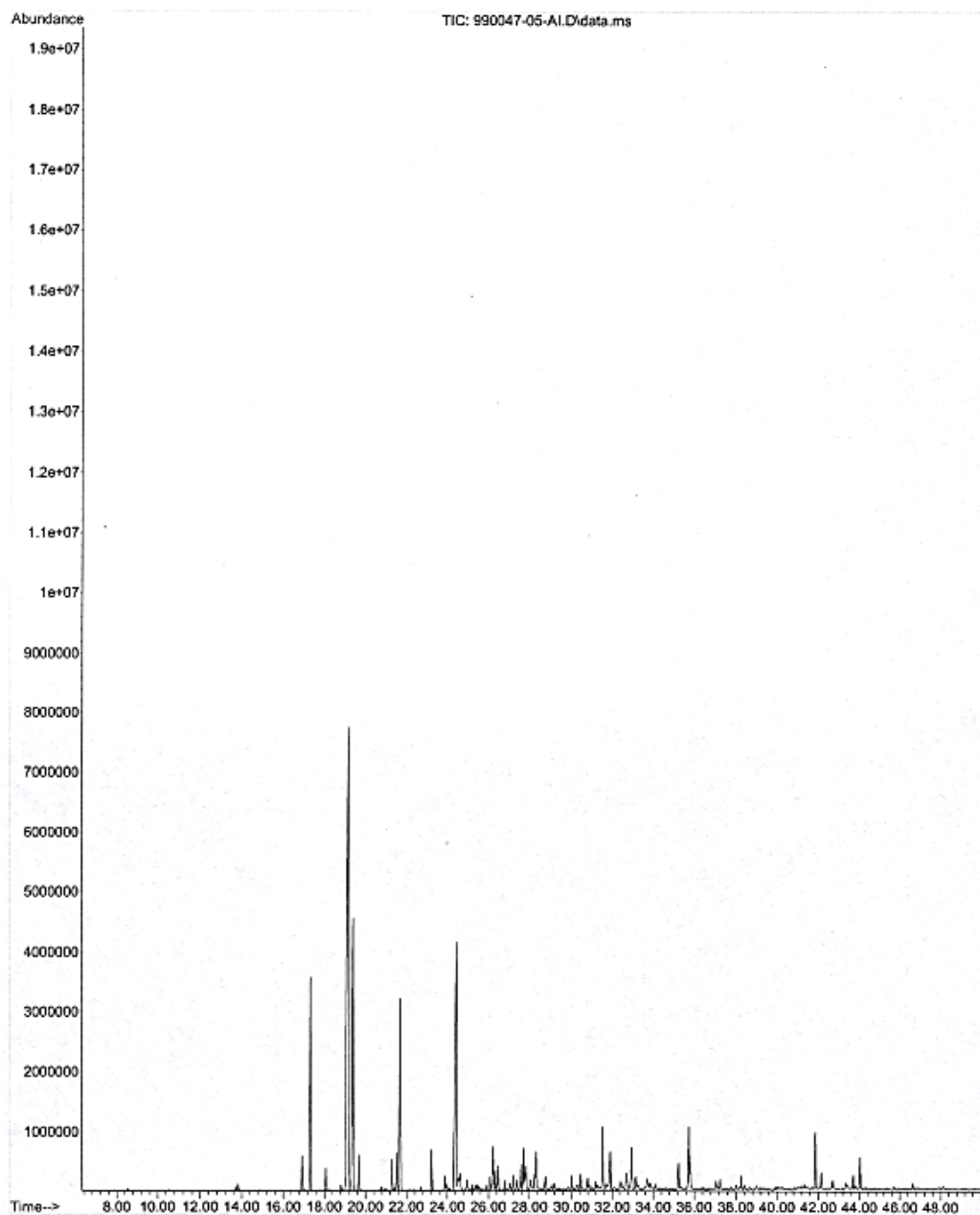
Apéndice 20. Cromatograma muestra tres

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AL\9900
... 47-04-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 29 Sep 2019 21:04 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-04-AI
Misc Info :



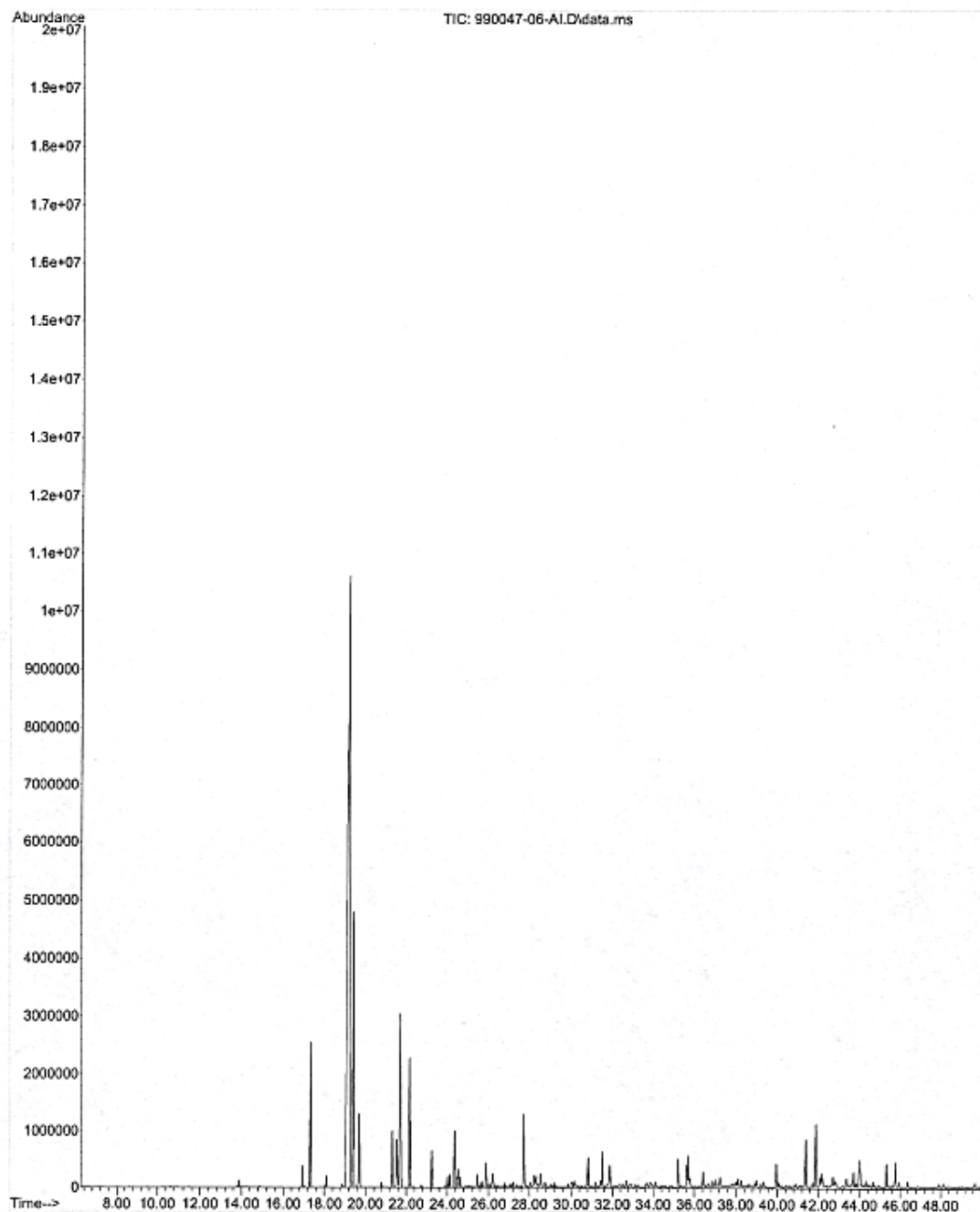
Apéndice 21. Cromatograma muestra cuatro

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AL\9900
... 47-05-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 30 Sep 2019 00:06 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-05-AI
Misc Info :

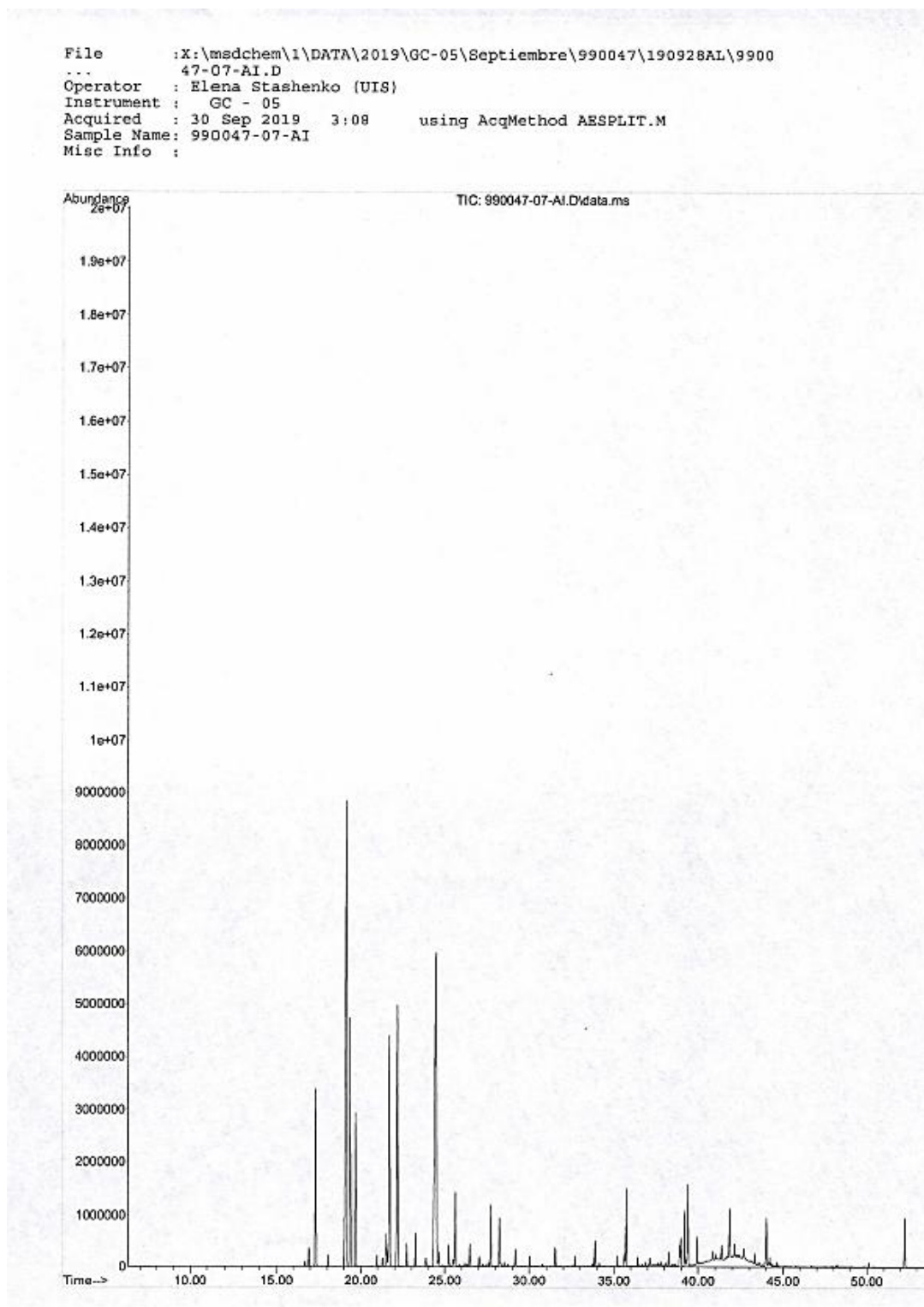


Apéndice 22. Cromatograma muestra cinco

File :X:\msdchem\1\DATA\2019\GC-05\Septiembre\990047\190928AL\9900
... 47-06-AI.D
Operator : Elena Stashenko (UIS)
Instrument : GC - 05
Acquired : 30 Sep 2019 1:37 using AcqMethod AESPLIT.M
Sample Name: 990047-06-AI
Misc Info :



Apéndice 23. Cromatograma muestra seis



Apéndice 24. Cromatograma muestra siete