

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
**FACULTAD DE FARMACIA**  
**DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGÍA**



***SALVIA LAVANDULAEFOLIA* VAHL SSP. *OXYODON*:**  
**EVALUACIÓN DE SU ACEITE ESENCIAL E**  
**INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE**  
**SEGÚN INTENSIDADES DE RECOLECCIÓN**

**Tesis doctoral presentada por**  
**M<sup>a</sup> Pilar Pérez Galindo**  
**para aspirar al Grado de Doctor**  
**Granada, 2005**





D. ANTONIO ZARZUELO ZURITA, PROFESOR CATEDRÁTICO  
Y DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE GRANADA,

CERTIFICA: Que la Tesis Doctoral titulada “*Salvia lavandulaefolia*  
Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio  
ambiente según intensidades de recolección”, ha sido realizada por la  
Licenciada en Farmacia Dña. M<sup>a</sup> Pilar Pérez Galindo en los laboratorios de  
este Departamento.

Y A LOS EFECTOS LEGALES SE FIRMA LA SIGUIENTE  
CONSTANCIA EN GRANADA, A TREINTA DE JUNIO DE 2005.



Fdo. Antonio Zarzuelo Zurita



Dña. M<sup>a</sup> Concepción Navarro Moll, Catedrático de Farmacología de la Universidad de Granada, D. Armando Martínez Raya, Jefe de Proyectos de Investigación del Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada y D. José Jiménez Martín, Catedrático de Farmacología de la Universidad de Granada, como Directores,

CERTIFICAN: Que la Tesis Doctoral titulada “*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección”, presentada por la Licenciada en Farmacia Dña. M<sup>a</sup> Pilar Pérez Galindo, ha sido llevada bajo su dirección y consideran que reúne todos y cada uno de los requisitos necesarios para optar al Grado de Doctor.

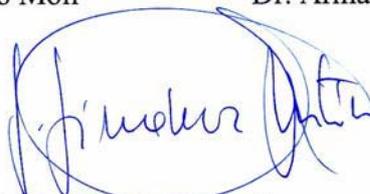
Y A LOS EFECTOS LEGALES SE FIRMA LA SIGUIENTE CONSTANCIA EN GRANADA, A TREINTA DE JUNIO DE 2005.



Dra. M<sup>a</sup> Concepción Navarro Moll



Dr. Armando Martínez Raya



Dr. José Jiménez Martín



A veces, la vida nos reserva fantásticas sorpresas, y nos ofrece oportunidades únicas.

A mí me ha ocurrido. Un día, hace ya algunos años, comencé una maravillosa andadura por el mundo de la investigación.

Y tuve la suerte de ser acogida, arropada, guiada, instruida, formada, requerida, demandada, aconsejada, por tres personas que han hecho de estos años de trabajo codo con codo, una auténtica delicia:

La Dra. M<sup>a</sup> Concepción Navarro Moll, Concha, MUJER donde las haya, que me ofreció la oportunidad de protagonizar este trabajo y confió en mí desde el principio. Sabes bien cómo valoro y agradezco tus enseñanzas y consejos, científicos y humanos, las largas tardes de dedicación exclusiva, dentro y fuera del Departamento, tu infinita paciencia, tu cariño, tu amistad incuestionable,... Espero poder seguir disfrutando en tu compañía del Misteri d'Elx.

El Dr. Armando Martínez Raya, que con su sencillez y su gran calidad humana, supo introducirme y guiarme por el campo, antes desconocido y ahora apasionante, de la protección de suelos, y durante todos estos años me ha dejado participar y disfrutar con sus lecciones magistrales.

El Dr. José Jiménez Martín, Director de este Departamento al comienzo de este trabajo, y Director a su vez de este trabajo de Tesis doctoral, que me abrió de par en par las puertas del Departamento. Sus orientaciones en mis grandes lagunas y su apoyo en mis momentos bajos son reflejo de su gran espíritu, científico y humano.

Tengo que agradecer el especial interés del Dr. Antonio Zarzuelo Zurita y el Dr. Juan Manuel Duarte Pérez, entrañables visitantes vespertinos, siempre atentos a mis progresos y dispuestos a compartir conmigo sus conocimientos y sus sabios y útiles consejos. Seguiremos viéndonos.

Aunque mi quehacer en el Departamento de Farmacología ha sido casi siempre en horas “bajas”, soy consciente del apoyo e interés de todos y cada uno de los miembros del mismo. Ha sido todo un privilegio sentirme como en casa, y recibir continuas muestras de afecto.

Desde aquí mi agradecimiento a la empresa SENSIENT FRAGRANCES, S.A. (Granada), y mi justo reconocimiento por su apoyo, por su interés en mis progresos, y por la ayuda prestada en la obtención de diversos extractos y datos cromatográficos de aceites esenciales, campo en la que es líder indiscutible.

De igual modo, debo agradecer su colaboración a la empresa ARKOPHARMA (Carros-Niza), por facilitarme el extracto con fluidos supercríticos, línea, entre otras, en la que es gran experta.

Y por supuesto, mención especial al Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada, particularmente a D. José Ramón Francia, por la obtención del material vegetal. Gracias por tu celo y buen hacer.

Durante todo este tiempo, mi mayor apoyo ha sido mi familia. A ella debo no haber renunciado en los momentos de desánimo, que han sido muchos. Algunas veces activamente, y otras de forma inconsciente, han sido mi refugio, mi consuelo, mi fortaleza, y siempre mi alegría y deseos de superación. Mis padres, Salud y Paco, desde la distancia obligada, pero tan cercanos como la propia sombra, siempre presentes, siempre atentos, siempre dispuestos. Y Carlos, mi mayor éxito en la vida, con el que comparto penas y alegrías, llantos y risas, logros y fracasos, y el gratificante empeño de educar a tres maravillosas personitas.



*A Carlos. A Pilar, Teresa y Carlos.*



“Si yo tuve la suerte de alcanzar algo,  
solamente se debe a que me apoyé  
en hombros de gigantes”

*Isaac Newton*





## **ABREVIATURAS:**

**AE:** Aceite(s) esencial(es)

**CCF:** Cromatografía en capa fina

**CG:** Cromatografía gaseosa

**CG-EM:** Cromatografía de gases-espectrometría de masas

**CG-FID:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama

**CGL:** Cromatografía gas-líquido

**CLAR:** Cromatografía líquida de alta resolución

**DES:** Destilación-extracción simultáneas

**EC:** Espacio de cabeza

**EM:** Espectrometría de masas

**FE:** Fase estacionaria

**FID:** *Flamme ionization detector* (Detector de ionización de llama)

**FM:** Fase móvil

**HD:** Hidrodestilación

**HCDT:** Hidrocarburo(s) diterpénico(s)

**HCMT:** Hidrocarburo(s) monoterpénico(s)

**HCST:** Hidrocarburo(s) sesquiterpénico(s)

**IR:** Espectroscopía de infrarrojos

**Pc:** Presión crítica

**RMN:** Resonancia magnética nuclear

**SIG:** Sistema de Información Geográfica

**t:** trazas (<0.01%)

**Tc:** Temperatura crítica

**USLE:** Universal Soil Loss Equation

**UV:** Ultravioleta



# ÍNDICE

---



---

<b>INDICE</b> .....	17
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	23
1. ANTECEDENTES .....	25
2. <i>SALVIA LAVANDULAEFOLIA</i> SSP. <i>OXYODON</i> .....	28
2.1 Aspectos taxonómicos y descripción de la especie.....	28
2.2 Interés del género <i>Salvia</i> .....	30
2.2.1 Aspectos farmacológicos .....	30
2.3 Fitoquímica del género <i>Salvia</i> .....	32
2.3.1 Aceites esenciales .....	32
2.3.2 Otros componentes.....	36
3. MÉTODOS EXTRACTIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES (AE).....	37
3.1 Hidrodestilación (HD).....	37
3.2 Extracción con disolventes.....	38
3.3 Destilación molecular .....	38
3.4 Expresión .....	39
3.5 <i>Enfleurage</i> .....	39
3.6 Métodos combinados .....	40
3.6.1 Destilación-extracción simultáneas (DES).....	40
3.6.2 Extracción con fluidos supercríticos.....	41
3.7 Características de los distintos métodos extractivos .....	43
3.7.1 Hidrodestilación.....	43
3.7.2 Destilación-extracción simultáneas.....	43
3.7.3 Extracción mediante fluidos supercríticos (CO <sub>2</sub> ).....	44
4. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL ESTUDIO DE ACEITES ESENCIALES .....	45
4.1 Cromatografía en capa fina (CCF).....	46
4.2 Cromatografía gaseosa (CG).....	47
4.3 Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).....	48

4.4	Espectroscopía de infrarrojos (IR).....	49
4.5	Espectrometría de masas (EM).....	50
4.6	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) .....	51
4.7	Ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos analíticos .....	51
4.7.1	Cromatografía en capa fina .....	51
4.7.2	Cromatografía gaseosa .....	52
4.7.3	Cromatografía líquida de alta resolución.....	53
4.7.4	Espectroscopía de infrarrojos.....	53
4.7.5	Espectrometría de masas.....	54
4.7.6	Cromatografía de gases acoplada a detector de espectrometría de masas .....	54
5.	MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LA ESCORRENTÍA, PÉRDIDA DE SUELO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA .....	55
	<b>OBJETIVOS</b> .....	61
	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	65
1.	ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE CULTIVOS .....	67
1.1	Recolección. Desección .....	67
2.	EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE RIQUEZA EN ESENCIA .....	68
2.1	Hidrodestilación clásica .....	68
2.2	Destilación-extracción simultáneas mediante un dispositivo <i>Likens-Nickerson</i> modificado .....	69
2.3	Extracción con fluidos supercríticos .....	71
2.4	Análisis de la esencia .....	72
2.4.1	Cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama GLC-FID.....	72
2.4.2	Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas .....	73

---

2.5	Evaluación cuantitativa de la erosión.....	74
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>77</b>
1.	RENDIMIENTO EN PRODUCTO EXTRACTIVO .....	79
2.	ANÁLISIS CUALI Y CUANTITATIVO (CG-EM) DE LOS PRODUCTOS EXTRACTIVOS.....	80
2.1	Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos por hidrodestilación (aceites esenciales)..	81
2.1.1	Incidencia del nivel de poda en la composición del aceite esencial.....	81
2.1.2	Establecimiento del perfil cromatográfico del aceite esencial de <i>Salvia lavandulaefolia</i> .....	83
2.1.3	Incidencia del año de cultivo en la composición del aceite esencial.....	85
2.2	Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos por destilación-extracción simultáneas ( <i>Likens-Nickerson</i> ) .....	87
2.2.1	Incidencia del nivel de poda en la composición del producto extractivo .....	87
2.2.2	Incidencia del año de cultivo en la composición del producto extractivo .....	89
2.3	Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos mediante fluidos supercríticos (CO <sub>2</sub> ) .....	91
2.4	Análisis comparativo de los productos extractivos obtenidos con los tres procedimientos de extracción aplicados .....	92
3.	PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y MATERIA SECA.....	93
4.	RELACIÓN ENTRE NIVELES DE PODA Y PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL.....	94
5.	EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EROSIÓN .....	95
<b>DISCUSIÓN.....</b>		<b>97</b>

1.	RENDIMIENTO EN ACEITE ESENCIAL.....	99
2.	CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL .....	100
2.1	Variaciones del perfil del aceite esencial de <i>Salvia lavandulaefolia</i> en función a los niveles de poda .....	103
2.1.1	Nivel de poda 75% .....	103
2.1.2	Nivel de poda 50% .....	105
2.1.3	Nivel de poda 25% .....	107
2.2	Variaciones del perfil del aceite esencial de <i>Salvia lavandulaefolia</i> en función a los años de estudio .....	110
2.2.1	Primer año .....	110
2.2.2	Segundo año .....	111
2.2.3	Tercer año .....	113
3.	COMPOSICIÓN DE LOS DISTINTOS PRODUCTOS EXTRACTIVOS .....	114
3.1	Destilación-extracción simultáneas <i>versus</i> hidrodestilación .....	115
3.2	Extracción con fluidos supercríticos <i>versus</i> hidrodestilación .....	117
3.3	Destilación-extracción simultáneas <i>versus</i> extracción con fluidos supercríticos.....	119
4.	PROTECCIÓN DE SUELOS .....	119
5.	MATERIA VEGETAL .....	120
6.	RELACIÓN ENTRE INTENSIDAD DE PODA Y PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL .....	123
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	125
	<b>APÉNDICE DE CROMATOGRAMAS Y TABLAS</b> .....	129
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	179

# **INTRODUCCIÓN**

---



## 1. ANTECEDENTES

El empleo de plantas para la obtención de aceites esenciales (Crespo et al., 1986; 1988) y de productos melíferos en diferentes zonas de España, alcanza un gran interés, especialmente en Andalucía y, en concreto, en la provincia de Granada, en la que existe una industria internacional de primera línea en el campo de los aceites esenciales, así como una importante asociación de colmeneros, ambos especialmente interesados en la obtención de productos de gran calidad.

La recolección de algunas de estas plantas para su aprovechamiento aromático (Brasseur et al., 1983; Cabo et al., 1986a; 1986b; 1986c; 1986d; 1986e; 1987; Giner et al., 1989; Cruz et al., 1990), se lleva a cabo tradicionalmente de forma manual, siendo realizada generalmente mediante el arrancado del individuo vegetal (romero, tomillo, etc.), tras lo cual se procede a su destilación, bien *in situ*, bien tras su transporte al destilador (Gaviña et al., 1966; 1974). Ello lleva consigo la desaparición de la planta y, como consecuencia, un cambio de la flora, el cual da lugar en la mayoría de los casos a un suelo desnudo, sin protección y con alto riesgo de erosión.

Esta posibilidad real de pérdida de biodiversidad y de empobrecimiento de los suelos determina que la recolección de la flora aromática para su aprovechamiento medicinal (Gaviña et al., 1974; Muñoz, 2000; Ortiz et al., 1988), esencial (Gaviña et al., 1966; 1974), melífero (Socorro et al., 1988a; 1988b; 1988c; 1989) e incluso condimentario, deba encontrarse supeditada a su capacidad de conservar el medio ambiente, especialmente el suelo, sobre todo teniendo en cuenta que las zonas dedicadas a estas plantas son, con frecuencia, áreas críticas (Thornes, 1976). En este sentido, la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Medio Ambiente, dictó una Orden (2 de junio de 1997, BOJA núm. 71, de 21 de junio de 1997) por la que se establece la normativa que regula la recolección de ciertas especies vegetales, entre las que se encuentran algunas aromáticas como *Salvia*

*lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, con el fin de proteger la estabilidad de las mismas al tiempo que se combaten riesgos como el de la erosión.

Ello se encuentra apoyado por el hecho, demostrado en anteriores estudios realizados por nuestro equipo, de que la presencia de especies aromáticas en suelos degradados influye en la formación de estructuras que afectan positivamente a las propiedades físicas del suelo, especialmente a los parámetros que definen el régimen hídrico del mismo.

Y si bien existen distintas publicaciones [entre las que se incluyen trabajos sobre el grado de protección de los matorrales y comparación de métodos de cálculo del factor C de la USLE (Wischmeier & Smith, 1978; Dissmeyer & Foster, 1981; Blanco & Estirado, 1982)] en las que se da cuenta de la incidencia de la erosión en suelos forestales y agrícolas en distintas zonas de la vertiente sur de Sierra Nevada, son escasas las referencias en las que se haya procedido a la evaluación del fenómeno erosivo en zonas áridas y de la posible eficacia protectora que ejerzan en este caso distintas especies aromáticas. Ello anima a realizar, en nuestras condiciones de clima y suelo (ICONA, 1982; Aguilar et al., 1988), un estudio encaminado a establecer el posible papel de distintas especies vegetales en la conservación de suelos en zonas áridas.

Una vez identificado el problema, se plantea la necesidad de delimitar aquellas especies pertenecientes al campo de las plantas aromáticas cuyo desarrollo garantice un adecuado nivel de eficacia en la lucha contra la erosión, así como en la recuperación de suelos, todo ello unido a un posible aprovechamiento de las mismas con el fin de, al tiempo que se cumple el objetivo principal ya mencionado, crear riqueza en las zonas de aplicación de las especies seleccionadas.

En estudios previos realizados por este grupo de investigación, se manifestaron como especialmente útiles por el efecto protector y adaptación, así como por la producción de esencias y otros componentes de posible aplicación industrial y/o terapéutica, los géneros y especies que a continuación se mencionan:

- ✓ *Thymus*, debido al interés que poseen en términos generales sus esencias y, en particular, aquéllas en que predominan los componentes de naturaleza fenólica como el timol y el carvacrol (Cabo et al., 1980; Adzet et al., 1980; Lundgren & Stenhagen, 1982; Zarzuelo et al., 1987; Cabo et al., 1987a; Cabo et al., 1987b; Crespo et al., 1988; Crespo et al., 1990; Jiménez et al., 1993).
- ✓ *Santolina*, dadas las propiedades antihepatotóxica y captadora de radicales libres presentadas por algunos de los componentes de sus esencias (Barrero et al., 1988; Maqua et al., 1988; Baig, 1989; Giner et al., 1989; Pérez et al., 1988; 1992; Utrilla et al., 1995).
- ✓ *Satureja obovata*, cuya esencia presenta una interesante actuación sobre determinados trastornos intestinales (Navarro et al., 1989; Cruz et al., 1990).
- ✓ *Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*, debido tanto al alto grado de comercialización de que es objeto su esencia como a la actividad antidiabética que poseen otros componentes no esenciales presentes en la citada especie (Gaviña et al., 1966; Gaviña et al., 1974; Crespo et al., 1986; Zarzuelo et al., 1990).

De todas ellas, se ha seleccionado esta última por las siguientes razones:

- su estructura aérea y su porte rastrero hacen presuponer que *S. lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon* pueda desempeñar un eficaz efecto protector sobre suelo;
- su amplio uso en el sector perfumístico y cosmético, en composiciones con carácter hedónico basado en sus propiedades

olfativas;

- su interés medicinal no se encuentra circunscrito, con ser importante, a la actividad antidiabética de la especie, demostrada por componentes de este grupo de investigación (Zarzuelo et al., 1990), dado que estudios recientes han puesto de manifiesto la actuación positiva de su aceite esencial sobre procesos tales como la memoria (Perry et al., 2000; Perry et al., 2002), tanto en voluntarios sanos como en pacientes afectados por demencia senil (Perry et al., 2003).

## 2. *SALVIA LAVANDULAEFOLIA* SSP. *OXYODON*

### 2.1. Aspectos taxonómicos y descripción de la especie

El entronque botánico de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* es el siguiente:

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Lamiaceae*

Género: *Salvia*

El género *Salvia*, en el que se incluye la especie objeto de estudio, se encuentra ampliamente distribuido, y acoge alrededor de 700 especies (Masoudi & Rustaiyan, 2001), que se desarrollan en zonas templadas y cálidas.

*Salvia lavandulaefolia* Vahl aparece como una mata muy ramificada, que alcanza los 50 cm de altura. Los tallos son leñosos en la base, con numerosas ramificaciones erectas y herbáceas. Las hojas son opuestas, pecioladas (pecíolo de hasta 3 cm), con limbo lanceolado. Las nerviaciones forman un retículo, muy

marcado en el envés. Presentan abundantes tricomas, sobre todo en el envés. Las flores se disponen en verticilastros agrupados en el extremo de las ramas, con apariencia de espigas. El cáliz está fusionado en tubo. La corola es de azul claro o lila, de hasta 25 mm de longitud, fusionada en tubo y abierta en dos labios en su parte distal: el superior tiene forma de casco y está formado por dos pétalos, mientras que el inferior lo forman los tres pétalos restantes. El androceo está fusionado a la corola y formado por dos estambres, cuya particular morfología determina que los insectos, para acceder al fondo de la corola, donde se encuentra el néctar, han de empujar la especie de trampilla constituida por los estambres. De esta forma los insectos han de entrar en contacto con las tecas fértiles, de manera que se favorece el proceso de polinización entomológica (Izco, 2004 ) (foto 1).



**Foto 1.** *Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*

*Salvia lavandulaefolia* Vahl se encuentra taxonómicamente muy cercana a *Salvia officinalis* L, propia del Mediterráneo oriental, mientras que la salvia española se encuentra en el Mediterráneo occidental.

La especie *lavandulaefolia* es un taxón muy polimorfo, del que se han descrito numerosos taxones infraespecíficos, cuyo establecimiento se encuentra basado en pequeñas diferencias morfológicas, tales como la presencia o ausencia de tricomas en el cáliz floral, mayor o menor abundancia de estas mismas formaciones en hojas, etc. A su vez, esta especie comprende diversas subespecies, tal y como se recoge en la tabla 1.

**Tabla 1.** Subespecies de *Salvia lavandulaefolia* Vahl.

<i>oxyodon</i>	<i>lavandulaefolia</i>
<i>blancoana</i>	<i>vellerea</i>
<i>pyrenaeorum</i>	<i>amethystea</i>
<i>maurorum</i>	<i>mesatlantica</i>

## 2.2. Interés del género *Salvia*

Algunas de las especies del género *Salvia* son empleadas en industrias alimentarias, perfumísticas y farmacéuticas. Su interés dentro de este último apartado es debido al uso que en medicina tradicional se ha hecho de distintas especies del género *Salvia* para el tratamiento de una amplia gama de afecciones (Lu & Foo, 2000), contando en muchos casos con la validación científica de dichos usos terapéuticos.

### 2.2.1. Aspectos farmacológicos

Los estudios realizados en los últimos años con el fin de verificar la base científica de estos usos tradicionales, han puesto de manifiesto que, en la mayoría de los casos, las acciones farmacológicas detectadas en las especies de *Salvia* sometidas a estudio, son debidas a alguno de los tres grandes grupos de componentes presentes en el género: polifenoles, derivados diterpénicos y aceites esenciales, siendo estos

últimos los que acaparan un mayor interés desde el punto de vista perfumístico y aromático, a la vez que son responsables de algunas de las más importantes actividades relacionadas con el género *Salvia*.

Las acciones de las principales especies del género *Salvia* que se desarrollan en diferentes zonas de la cuenca mediterránea, ponen de manifiesto la diversidad de las mismas:

- ✓ *Salvia officinalis*: es empleada desde antiguo como aromatizante y como condimento además de su uso en la industria de perfumería y cosmética, y como repelente natural de insectos. Entre las principales actividades que se han demostrado para esta especie de *Salvia* cabe destacar su capacidad como agente antioxidante y sus efectos antiespasmódico, astringente, diaforético y tonificante (Piccaglia et al., 1989).
- ✓ *S. sclarea*: destaca por su demostrada actividad frente a distintos agentes patógenos, tales como bacterias y hongos (Rota et al., 2004; Pitarokili et al., 2002), además de ser usada en perfumería y cosmética.
- ✓ *S. fruticosa*: esta especie ha sido objeto de distintos trabajos de investigación mediante los cuales se han puesto de manifiesto las actuaciones de *S. fruticosa* como: hipoglucemiante (Perfumi et al., 1991), antifúngica (Pitarokili et al., 2003; Sokovic et al., 2002; Abou-Jawdah et al., 2002) antioxidante (Exarchou et al., 2002) e inhibidora de la acetil y butiril colinesterasa (Savelev et al., 2004).
- ✓ *S. pomifera*: al igual que algunas de las especies de salvia ya citadas, se comporta como antioxidante (Couladis et al., 2003) y antifúngica (Sokovic et al., 2002).
- ✓ *S. multicaulis*: para la cual se ha demostrado en ensayos *in vitro* su actividad frente al bacilo de la tuberculosis (Ulubelen et al., 1997) y otros agentes patógenos.

- ✓ *S. hydrangea*: activa también como biocida, en este caso frente a distintos helmintos y *leishmania* (Sairafianpour et al., 2003), y como anti-inflamatoria, actividad en la que parecen mediar componentes flavónicos y monoterpénicos (Ghannadi & Hajhashemi, 2004).

En lo que se refiere a la especie objeto de esta memoria de Tesis doctoral, *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, a su indudable interés como aromatizante hay que añadir los resultados obtenidos por distintos investigadores en lo que se refiere a sus posibles aplicaciones terapéuticas; así, los resultados obtenidos a partir de un ensayo realizado sobre sujetos sanos son indicativos de que el aceite esencial de *S. lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* ejerce un efecto beneficioso sobre la memoria; esta actuación de *S. lavandulaefolia* parece estar mediada, al menos en parte, por la inhibición de dos enzimas: la acetilcolinesterasa (Perry et al., 2000; Perry et al., 2002; Tildesley et al., 2005) y la butirilcolinesterasa (Savelev et al., 2004), consideradas ambas como dianas farmacológicas en el tratamiento del mal de Alzheimer; de otro lado, en los efectos positivos que ejerce sobre la memoria esta especie de salvia, podrían estar implicadas otras vías de actuación, entre las que se encuentran la actividad antioxidante de distintos monoterpenos presentes en su aceite esencial (Savelev et al., 2003; Savelev et al., 2004; Tildesley et al., 2003), el efecto estrogénico de dicho aceite esencial y uno de sus monoterpenos oxidados, el geraniol, así como la actividad antiinflamatoria (inhibición de síntesis de eicosanoides) mostrada por uno de los principales componentes del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia*, el  $\alpha$ -pineno (Perry et al., 2001).

## **2.3. Fitoquímica del género *Salvia***

### **2.3.1. Aceites esenciales**

Se trata de un género caracterizado por su riqueza en aceites esenciales, con una apreciable variabilidad entre las distintas especies (Tsankova et al., 1994;

Miladinovic & Miladinovic, 2000; Ronyai et al., 1999; Hudaib et al., 2001; Skoula et al., 2000; Karousou et al., 1998a; Tepe et al., 2004; Ghannadi et al., 1999; Baser, 2002).

En términos generales, se puede afirmar que el rendimiento en aceite esencial de cada una de las especies del género *Salvia*, así como la composición del mismo, pueden presentar una alta variabilidad, dependiente, en muchos casos, de factores medio ambientales, tales como intensidad de luz, régimen hídrico, tipo de suelo, etc. (Skoula et al., 1999) y, en el caso de subespecies, de variaciones en el genoma.

La variabilidad en el rendimiento en aceites esenciales procedentes del género *Salvia* puede ser considerada como muy significativa, ya que existen especies con un bajo contenido esencial como es el caso de *S. hydrangea* y *S. multicaulis*, cuyo contenido en esencia no llega a superar el 0,42% (Ghannadi et al., 1999; Tepe et al., 2004; Baser, 2002), mientras que otras (*S. pomifera*) alcanzan valores superiores al 4% (Karousou et al., 1998b). En valores intermedios se encuentran *S. officinalis*, cuyo rendimiento en aceite esencial se encuentra entre el 1,4-2% (Tsankova et al., 1994; Miladinovic et al., 2000); *S. sclarea*, con un rendimiento entre 0,04-1,3% (Ronyai et al., 1999; Hudaib et al., 2001; Baser, 2002); y *S. fruticosa*, cuyo rendimiento en aceite esencial oscila entre 0,9% y 2,8% (Skoula et al., 2000; Baser, 2002) (tabla 2). Esta variabilidad se repite en lo que se refiere a la composición de los aceites esenciales de las distintas especies de *Salvia* consideradas, puesto que mientras que *S. officinalis* y *S. pomifera* presentan como principales componentes a las tuyonas, *S. sclarea* se caracteriza por la abundante presencia en su aceite esencial de linalol/acetato de linalilo, al tiempo que tanto *S. fruticosa* como *S. multicaulis* poseen un alto contenido en  $\alpha$ -pineno/eucaliptol; en el caso de *S. hydrangea*, es el óxido de cariofileno el componente más representativo de su esencia.

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 2.** Rendimiento y composición cuali y cuantitativa (%) del aceite esencial de las principales especies del género *Salvia* que se desarrollan en diferentes zonas de la cuenca mediterránea.

Componentes	<i>S. officinalis</i> (% v/p = 1,4-2)	<i>S. sclarea</i> (% v/p = 0,04-1,3)	<i>S. fruticosa</i> (% v/p = 0,9-2,8)	<i>S. pomifera</i> (% v/p = 2,1-4,2)	<i>S. multicaulis</i> (% v/p = 0,1-0,42)	<i>S. hydrangea</i> (% v/p = 0,4)
α-pineno	3,5-5,1		10,0	0,3-1,5	21,9	
canfeno	3,1-3,6		2,6-10,1	0,3-1,9	7,8	
sabineno				0,2-1,5		
β-pineno	0,6-2,2		10,3-11,9	0,5-1,8	4,7	
mircenol	0,6-0,9	1-3,3	3,7-7,8	0,8-2,1	1,3	
α-terpineno	0,9					
p-cimeno	0,7	t- 1,5				0,2
limoneno		0,4-1,0		0,3-0,7		
eucaliptol	9,8-12,5		48-59,3	0,8-3,0	20,1	1,0
(Z)-β-ocimeno					1,0	
γ-terpineno	0,2-0,3			0,3-1,1		
α-tuyona	4,9-29,4		0,7-1,5	27,4-72,3		
β-tuyona	8,1-17,4		0,5-4,5	7,1-40,8		
alcanfor	6-11,7		1,3-6	0,6-3,8	11,0	0,7
linalol		10-32				1,3
borneol	1,6-4,3				7,3	1,4
terpinen-4-ol	0,3-0,8				0,8	0,4
α-terpineol	0,2	1,6-6	0,2-0,6			0,8
mirtenol					2,2	
acetato de fenchilo						1,2
acetato de linalilo		25-55,7				
acetato de bornilo	2,7		t-0,7		3,3	
acetato de nerilo		1-2,7				
acetato de geranilo		t-5,5				
acetato de terpenilo						
β-cariofileno	0,8-1,1	0,2-3,8	0,3-0,6	2,1-4,9	4,2	1,9
β-selineno	3,9					
α-humuleno	2,9					
α-cariofileno					1,1	
germacreno D		0,2-7,6				
espatulenol						0,6
óxido de cariofileno						75
alcohol de patchouli						9,6
viridiflorol	7,9					
óxido de manoilo		0-2,8				
β-eudesmol					1,0	
valeranona					0,9	
esclareol		0,2-12				
13-epi-manool	3,2	t-5,7				
selin-11-en-4-ol	5,4					
docosano		0-3,2				
tricosano		0-4,0				
tetracosano		0-4,7				
hexatriacontano		0-7,4				

En lo que respecta a la especie *lavandulaefolia*, en la que se encuentra enclavada la subespecie *oxyodon* objeto de esta memoria de Tesis doctoral, los datos de que se dispone sobre rendimiento en aceite esencial y composición del mismo son los expuestos en la tabla 3.

**Tabla 3.** Rendimiento y composición cuali y cuantitativa (%) del aceite esencial de las principales subespecies de *Salvia lavandulaefolia* Vahl.

Componentes	<i>oxyodon</i> (Crespo et al., 1986) (% v/p = 1,5)	<i>lavandulaefolia</i> (Marcos et al., 1986) (% v/p = 0,9 - 3,0)	<i>vellerea</i> (Q-1) (Marcos et al., 1986) (% v/p = 0,7- 2,7)	<i>vellerea</i> (Q-2) (Marcos et al., 1986) (% v/p = 0,7- 2,7)	<i>blancoana</i> (Marcos et al., 1986) (% v/p = 0,4- 0,5)
$\alpha$ -pineno (+ triciclono)	8,8	3,3-27,5	4,0-16,0	2,4-10,1	5,0-6,3
canfeno	7,6	0,9-14	5,3-17,2	2,4-9,8	0,6-4,5
$\beta$ -pineno	7,6	2,3-27,5	2,3-6,6	2,3-20,9	35,5-48,4
sabineno		0-3,2	0-1,2	0,6-5,8	
mirceneno	5,6	0,6-15,6	1,2-7,2	1,3-5,4	4,6-11,3
limoneno	4,2	1,7-11,9	1,8-4,0	1,6-3,8	2,8-5,3
eucaliptol	14,0	6,4-58,7	6,1-31,2	1,2-26,6	2,3-5,0
$\gamma$ -terpineno (+ trans-ocimeno)		0,1-3,3	0,2-0,9	0,3-1,8	0,1-0,7
p-cimeno	1,8	t-2,3	t-1,5	0,1-0,7	t-0,3
alcanfor	25,9	1,3-29,0	21,0-37,5	6,3-30,1	0,3-9,2
acetato de bornilo		0-4,2	0,8-3,1	0,3-1,9	0,3-0,4
$\beta$ -cariofileno		0,3-4,8	0,5-2,2	0,5-3,4	8,1-12,8
terpinen-4-ol	2,8	0,1-1,7	0,2-2,5	0,2-1,1	0,3-0,9
acetato de cis-sabinilo		t-0,6	0,1-0,4	11,1-24,0	0,2
$\alpha$ -humuleno		0,2-3,2	0,1-1,4	0,4-2,8	1,7-6,2
cis-sabinol				8,8-19,5	
borneol (+ $\alpha$ -terpineol + acetato de $\alpha$ -terpenilo)	16,2	0,5-9,8	2,3-11,0		0,6-1,3
óxido de cariofileno		0,1-3,3	0,4-1,3	0,5-1,3	2,2-3,8
viridiflorol		0-7,1	t-2,6	0,1-3,9	0,1-0,3

t = < 0,1%; Q-1= quimiotipo 1; Q-2= quimiotipo 2

Los rendimientos en aceite esencial de las distintas subespecies de *S. lavandulaefolia* se encuentran sujetos a una gran variación, oscilando entre el mínimo de *blancoana* (0,5%) y el máximo de *lavandulaefolia* (3%), mientras que la subespecie *oxyodon* presenta una riqueza intermedia (1,5%). En cuanto a la composición de los aceites esenciales procedentes de las distintas subespecies, destaca el alcanfor como componente predominante en *oxyodon* y en *vellerea* Q-1; en el caso de *vellerea* Q-2 y *lavandulaefolia*, si bien los autores han encontrado una importante presencia de alcanfor en algunas de las poblaciones muestreadas, tal y como se puede observar en la tabla 3, no ocurre lo mismo en todas ellas, ya que en *lavandulaefolia* existen poblaciones con más del 50% de contenido en eucaliptol y en el caso de *vellerea* Q-2 se advierte una presencia apreciable y constante de sabinol y acetato de sabinilo, unida a una gran oscilación en los contenidos de alcanfor. La subespecie *blancoana* ofrece una composición totalmente distanciada de las ya consideradas, dado que su aceite esencial está caracterizado por el  $\beta$ -pineno como componente principal. Estos datos confirman la alta variabilidad intraespecífica que presentan los aceites esenciales de *Salvia lavandulaefolia* Vahl.

### 2.3.2. Otros componentes

Si bien el interés primordial de este trabajo de Tesis doctoral se encuentra centrado en el contenido y composición del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*, no se puede dejar de citar a otros compuestos de posible relevancia presentes en la especie, y que pertenecen bien a los diterpenos, como es el caso de ciertos derivados del abietano y del pimarano (Guillén & Manzanos, 1999), bien al grupo de los flavonoides (Tomás-Lorente et al., 1988 ; Cañigüeral et al., 1989; Zarzuelo et al., 1995).

### 3. MÉTODOS EXTRACTIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES (AE).

#### 3.1. Hidrodestilación (HD).

Es una técnica bien conocida de obtención de aceites esenciales, en la cual la fuente de material vegetal se somete a una corriente de vapor de agua que arrastra a los componentes volátiles presentes en la planta, que son posteriormente condensados junto con el vapor de agua y recogidos en un colector en donde, por diferencia de densidad, se separan aceite esencial obtenido y agua condensada, la cual retorna de nuevo al reactor en donde se ha producido el calentamiento inicial (figura 1) (Gildemeister & Hoffmann, 1966; Williams, 1996; Pybus & Sell, 1999).



Figura 1. Proceso industrial de hidrodestilación.

Una vez que el aceite se ha separado completamente del agua, es necesario liberarlo de cualquier traza de agua disuelta que pueda contener, mediante el uso de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro.

### **3.2. Extracción con disolventes**

Estas técnicas se suelen aplicar sobre aquellas partes de la planta cuyos aceites esenciales se degradan fácilmente por destilación, o sobre plantas de las que interesa obtener distintos extractos a partir de una fuente inicial.

Una de las extracciones más clásicas con disolventes es la usada en la obtención de concretos y absolutos, el segundo de los cuales constituye la fracción soluble en alcohol absoluto separada del concreto de partida, que a su vez ha sido obtenido por disolución en caliente con diversos disolventes (hexano, éter de petróleo,...) de todo el material vegetal.

Uno de los principales inconvenientes de la extracción con disolventes es su falta de selectividad: por este motivo se pueden encontrar en este tipo de extractos gran número de sustancias lipófilas, lo cual obliga a tratamientos posteriores de purificación (Etievant et al., 1984; Harada & Mihara, 1984; Kumar & Motto, 1986).

### **3.3. Destilación molecular**

Esta técnica es útil para obtener productos totalmente volátiles a partir de material lábil que contiene cantidades de material no volátil, como es el caso de los absolutos usados en la industria de perfumería.

El principio se basa en una evaporación suave de una fina película del material del que se trate, colocado sobre una superficie que está en continuo tránsito de este material, y bajo condiciones adecuadas de vacío. Las moléculas volátiles que se evaporan se desplazan sólo un trayecto muy pequeño antes de entrar en contacto con una superficie fría en la cual condensan y sobre la que se desplazan libremente,

sin interferencias de moléculas de aire debido a las condiciones de vacío usadas. Se emplea un calentamiento muy suave para conseguir una evaporación eficiente de las moléculas volátiles, las cuales permanecen estables durante el proceso (Williams, 1996).

### **3.4. Expresión**

Esta técnica se aplica a los frutos de los cítricos para conseguir el aceite esencial contenido en el epicarpio, lugar donde se encuentran las glándulas que contienen las células productoras de aceite rellenas con protoplasma, la materia proteínica responsable de los procesos químicos en el interior de las células. (Williams, 1996).

La técnica tiene como variantes la escarificación y la presión superficial lateral o expresión de la corteza, ambas de aplicación manual. Cada uno de estos procesos libera una mezcla de aceite esencial y protoplasma desde las glándulas rotas, la cual posteriormente es lavada mediante una corriente de agua o sometida a centrifugación para recuperar el aceite (Arnaudo, 1991; Lawrence, 1995). Además, durante la producción, los constituyentes de un aceite cítrico exprimido, inevitablemente, entran en contacto con el agua, con el oxígeno del aire, y con enzimas capaces de acelerar enormemente diversas reacciones oxidativas e hidrolíticas.

Además de componentes volátiles, un aceite esencial de cítricos así obtenido incluye componentes no volátiles formados por material procedente de la cutícula de la corteza, pigmentos del exterior del epicarpio, y en algunos casos, compuestos fototóxicos furanocumarínicos (Williams, 1996).

### **3.5. *Enfleurage***

El proceso de *enfleurage* es uno de los métodos más antiguos usados para

extraer aceites esenciales de plantas. En un principio se usaron bastidores de grasa caliente sobre los que se iban añadiendo de forma continua los pétalos de las flores hasta que la grasa estuviera saturada con el preciado aceite esencial (Gildemeister & Hoffmann, 1966). La grasa saturada solidifica al enfriarse, adquiriendo consistencia de pomada, lo que hace muy fácil la separación del aceite esencial. Después de un lavado con alcohol, éste se elimina con ayuda de vacío. Mediante la técnica de *enfleurage* se obtienen absolutos, aunque actualmente todo este proceso ha sido sustituido por los métodos más eficientes de extracción con disolventes, comentados anteriormente (Arnaudo, 1991; Schügerl, 1994).

### **3.6. Métodos combinados**

#### **3.6.1. Destilación-extracción simultáneas (DES)**

Es un método combinado en el cual la solución o suspensión acuosa de la muestra y el agente orgánico de extracción se calientan hasta ebullición en 2 matraces separados. Los vapores de ambos se mezclan en la parte superior del cuerpo de extracción del aparato para DES, originalmente desarrollado por *Likens* y *Nickerson*, (Schultz et al., 1977).

Tanto en la fase de mezclado de los vapores como también durante la condensación en el condensador, los componentes volátiles de la mezcla presentes en el vapor de agua son extraídos por el agente extractivo. La fase acuosa y la orgánica se separan en el cuerpo separador, siendo devueltas de forma continua al correspondiente matraz de destilación a través de conexiones de retorno. Debe tenerse en cuenta el diferente nivel de estas conexiones de retorno, según que la densidad del agente extractivo orgánico sea mayor o menor que la del agua.

Para la determinación de los rendimientos de extracción para las sustancias volátiles se concentran los extractos obtenidos que posteriormente podrán ser analizados por diversas técnicas cromatográficas.

Además de la modificación del diseño del aparato, la selección, por ejemplo, del agente extractivo, la duración de la destilación, el aprovechamiento del efecto de precipitación mediante el uso de sales o la realización de la destilación y de la extracción en vacío, ofrecen otras posibilidades de mejorar el aislamiento de los componentes deseados.

### 3.6.2. Extracción con fluidos supercríticos

Esta técnica se basa en las propiedades físico-químicas de los fluidos supercríticos, como son altos valores de densidad y de coeficiente de difusividad, y bajos valores de viscosidad.

Los fluidos supercríticos poseen unas propiedades físico-químicas intermedias entre las de los líquidos y las de los gases (Davies et al., 1988). Dichas propiedades aparecen reflejadas en la tabla 4.

**Tabla 4.** Propiedades físico-químicas de los gases, líquidos y fluidos supercríticos.

Propiedad	Gas	Fluido supercrítico	Líquido
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1	100-800	1000
Viscosidad (cP)	0,01	0,05-0,1	0,5-1,0
Difusividad (mm <sup>2</sup> /s)	1-10	0,01-0,1	0,001

La densidad de un fluido supercrítico es de 100 a 1000 veces mayor que la de un gas, y entre 1 y 10 veces menor a la de un líquido. En consecuencia, las interacciones moleculares pueden ser fuertes, permitiendo acortar las distancias intermoleculares.

Como resultado, las propiedades de solvatación son similares a las de los líquidos, pero con viscosidades significativamente más bajas y coeficientes de difusión más altos (McHugh & Krukoniš, 1994).

Los valores de viscosidad entre 10 y 50 veces más bajos que los de los líquidos, y los coeficientes de difusión entre 10 y 100 veces superiores respecto a los mismos, favorecen que la transferencia de masa de solutos en extracciones con fluidos supercríticos sea significativamente más alta que la de las extracciones con líquidos.

Con pequeños cambios en la presión se consiguen grandes cambios en la densidad del fluido y, en consecuencia, en el poder de solvatación. Así, la posibilidad de solvatación de un fluido supercrítico hacia una sustancia en particular puede ser modificada fácilmente cambiando la presión de extracción, lo cual hace que esta extracción sea selectiva.

En la práctica, la elección del fluido supercrítico depende de varios factores:

- polaridad del soluto
- selectividad del solvente
- estabilidad térmica de los compuestos extraídos a la temperatura necesaria para operar
- limitaciones instrumentales, las cuales están asociadas con la presión crítica elevada de algunos fluidos supercríticos y el poder corrosivo que algunos de ellos presentan
- toxicidad del fluido supercrítico
- coste de los fluidos
- reactividad de los solutos frente al fluido supercrítico

De todos los fluidos, el CO<sub>2</sub> es el más usado, ya que con su Presión crítica (P<sub>c</sub>) de 73,8 atm y su Temperatura crítica (T<sub>c</sub>) de 31,1°C, es ideal para la extracción de muchos compuestos termolábiles. Sin embargo, presenta limitaciones, especialmente para la extracción de compuestos polares de elevado peso molecular, ya que muestran una solubilidad muy baja en CO<sub>2</sub> supercrítico (Xu & Zheng, 2004).

El CO<sub>2</sub> supercrítico exhibe una polaridad clasificable entre las que poseen el diclorometano y el éter dietílico. Una forma de incrementar la polaridad es añadir una pequeña cantidad de líquidos polares (por ejemplo: acetonitrilo, metanol o agua), que actúan así como modificadores.

### **3.7. Características de los distintos métodos extractivos**

#### **3.7.1. Hidrodestilación:**

- ✓ Muestras sometidas a altas temperaturas, lo cual favorece procesos de termodegradación.
- ✓ Reacciones de hidrólisis de ésteres.
- ✓ Extracción de todos los compuestos volátiles.
- ✓ Pobre recuperación de componentes pesados.
- ✓ Semejanza cualitativa de componentes con otros métodos.
- ✓ Variación cuantitativa de componentes con otros métodos.
- ✓ Diferencias olfativas con la planta de partida (Arnaudo, 1991; Schügerl, 1994).

#### **3.7.2. Destilación-extracción simultáneas:**

- ✓ Las muestras se someten a altas temperaturas.
- ✓ Se producen reacciones de hidrólisis.
- ✓ La extracción es selectiva en función del agente extractivo usado.
- ✓ Se produce una pérdida parcial de componentes muy volátiles debido a los procesos de concentración del agente extractivo.
- ✓ Se da una discreta recuperación de componentes pesados.
- ✓ Variación cuantitativa de componentes con otros métodos.
- ✓ Diferencias olfativas con la planta de partida (Arnaudo, 1991; Schügerl, 1994).

### 3.7.3. Extracción mediante fluidos supercríticos (CO<sub>2</sub>):

- ✓ La muestra se somete a bajas temperaturas.
- ✓ Protección frente a la hidrólisis.
- ✓ Extracción muy selectiva, en función de la temperatura, la presión de CO<sub>2</sub> y el uso de modificadores de la polaridad del CO<sub>2</sub>.
- ✓ Pobre recuperación de componentes muy volátiles.
- ✓ Buena recuperación de componentes pesados.
- ✓ Olor muy similar a la planta de partida.
- ✓ Buen porcentaje de recuperación total.
- ✓ Discreta recuperación de componentes polares.

Comparando las técnicas de DES y de HD (hidrodestilación “normal” por arrastre de vapor de agua), puede resaltarse que los rendimientos de extracción en el aislamiento con DES son manifiestamente más elevados que en la hidrodestilación. Esta diferencia se percibe de manera especial en los resultados de las sustancias volátiles polares o de alto punto de ebullición. El método DES tiene, comparativamente con la hidrodestilación, las siguientes ventajas:

- a) La fase acuosa y el agente extractivo se mezclan de forma intensiva, de manera que se da la condición previa –una superficie de contacto grande– para una buena, y a ser posible, exhaustiva transición de las sustancias volátiles de la fase acuosa a la fase orgánica.
- b) El medio extractivo es renovado continuamente, ya que retorna de la sección de separación del aparato al matraz de destilación, en éste “descarga” las sustancias extraídas y, después de evaporado, es enviado de nuevo al proceso de extracción que tiene lugar en la cabeza o en la sección del condensador del aparato. Desde este punto de vista, se

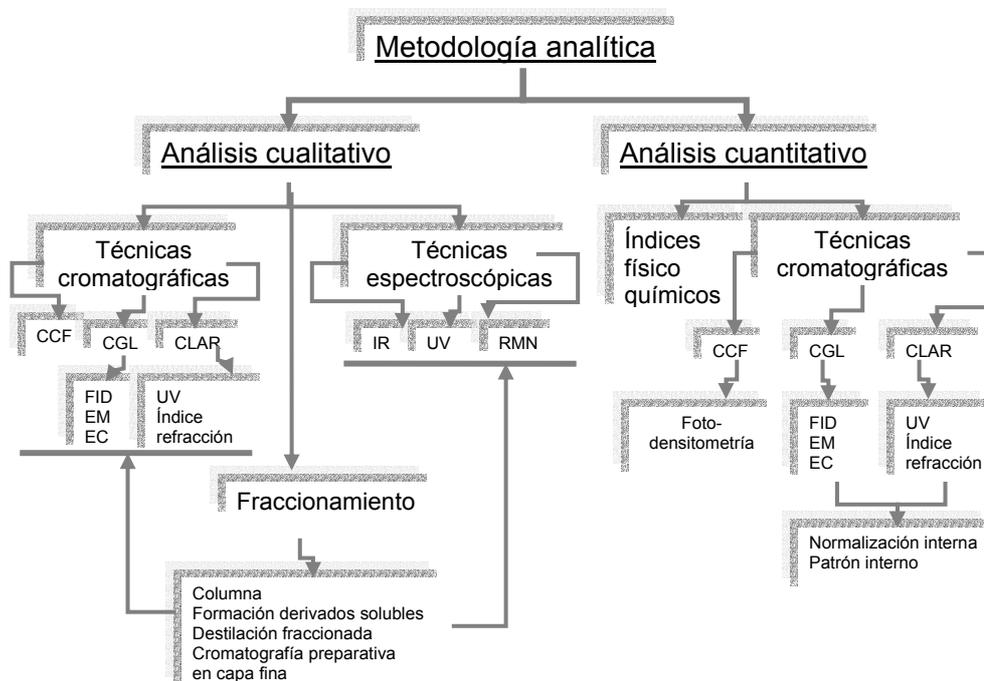
buscan agentes extractivos que, además de la no miscibilidad con agua, tengan un punto de ebullición lo más bajo posible, como es el caso del cloruro de metileno (Bartsh & Hammerschmidt, 1993).

Empleando agentes de bajo punto de ebullición se facilita al mismo tiempo la concentración del extracto (separación del disolvente).

La prolongación de los tiempos de extracción aumenta, por un lado, los rendimientos de extracción de componentes oxigenados, polares o de alto punto de ebullición (Baerheim Svendsen & Merckx, 1990); por otro lado, sin embargo, se constatan pérdidas de extracción de componentes con punto de ebullición relativamente bajo, como hidrocarburos monoterpénicos (Lee, 1989).

#### **4. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL ESTUDIO DE ACEITES ESENCIALES**

Los métodos analíticos empleados en el estudio de los aceites esenciales se encuentran basados en las características físico-químicas de los mismos y/o de sus principales componentes. El conocimiento de su composición estuvo limitado hasta la mitad del siglo XX a los resultados que se obtenían tras la realización de distintos índices químicos, tales como el de acidez, el de éster, el de hidroxilo, etc., acompañados por el cálculo de diversos parámetros (solubilidad en alcohol, índice de refracción, densidad relativa,...), así como, en los casos en que era de utilidad, por reacciones coloreadas de identificación (Guenther, 1952). A partir de la citada fecha, la posibilidad de acceder a un mayor conocimiento de la composición de los aceites esenciales se vio favorecida por la aplicación, en un primer momento, de distintas técnicas cromatográficas al estudio de los mismos y, posteriormente, de las técnicas espectroscópicas, tal y como queda reflejado en el esquema propuesto por Crespo et al., 1991 (figura 2).



**Figura 2.** Metodología analítica aplicada al estudio de aceites esenciales.

De entre las múltiples técnicas disponibles para el estudio analítico de los aceites esenciales, las más empleadas en el momento actual son las cromatográficas y espectroscópicas (Ögütveren & Tetik, 2004; Masoudi et al., 2004a; Tucker et al., 2004; Vargas et al. 2004; Pino et a., 2004a; Tabanca et al., 2004; López et al., 2004; Pino et al., 2004b; Demirci et al., 2004; Pino et al., 2004c; Letchamo et al., 2004; Masoudi et al., 2004b).

#### **4.1. Cromatografía en capa fina (CCF)**

La separación de mezclas de sustancias mediante la Cromatografía en Capa Fina se basa en el principio del reparto entre dos fases, una estacionaria y otra

móvil. En la cromatografía en capa fina, la fase estacionaria es una delgada capa de un soporte sólido granulado, tal como gel de sílice, alúmina, ácido silícico u otros, que se deposita sobre una placa de vidrio, aluminio u otro soporte inerte.

La fase móvil está constituida por una mezcla de solventes, cuya polaridad se elige de acuerdo a la naturaleza de los compuestos que se desea separar.

Al recorrer la fase móvil la placa, por la cual asciende por capilaridad, va arrastrando a las sustancias apolares, y aquellas más polares son retenidas por la fase estacionaria, dando lugar a la separación.

La placa desarrollada se deja secar y se revela con un reactivo que tiña a las sustancias de interés. La movilidad relativa o  $R_f$  es la relación entre la distancia recorrida por la mancha de un compuesto, dividida por la distancia recorrida por el frente de solvente al momento de sacar la placa del solvente.

En un sistema de CCF bien caracterizado, las sustancias pueden identificarse comparando los valores de  $R_f$  con los de estándares, que se han analizado previamente o durante la cromatografía.

La aplicación de esta técnica ha sido de gran ayuda en el estudio de los aceites esenciales (Messerschmidt, 1964; Attaway, 1965; Verderio, 1965; Von Schantz, 1962, Wagner, 1996).

#### **4.2. Cromatografía gaseosa (CG)**

La Cromatografía Gaseosa (CG) es una técnica utilizada para la separación y análisis de mezclas de sustancias volátiles, como es el caso de los aceites esenciales, en cuyo estudio se viene aplicando con éxito desde su introducción (Masada, 1976; Miquel & Richard, 1976; Crespo et al., 1988, Jennings et al., 1997; Gaspar & Leeke, 2004; Ireland et al., 2004; Kirbaslar & Kisbarlar, 2004; Behura & Srivastava, 2004; Brophy et al., 2003; Apel et al., 2004).

La muestra es vaporizada e introducida en un flujo de un gas apropiado

denominado fase móvil (FM) o gas de arrastre. Este flujo de gas, junto con la muestra vaporizada, pasa por un tubo que contiene la fase estacionaria FE (columna cromatográfica), donde se produce la separación de la mezcla. La FE puede ser un sólido adsorbente (Cromatografía Gas-Sólido) o, más comúnmente, una película de un líquido poco volátil, soportado sobre un sólido inerte (Cromatografía Gas-Líquido con Columna Empaquetada o Rellenada) o sobre la propia pared del tubo (Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución).

En la cromatografía gas-líquido (CGL), los dos factores que rigen la separación de los constituyentes de una muestra son:

- ✓ solubilidad en la FE: cuanto mayor es la solubilidad de un constituyente en la FE, más lentamente avanza por la columna;
- ✓ volatilidad: cuanto más volátil es la sustancia (es decir, cuanto más alta es la presión de vapor), mayor es su tendencia a permanecer vaporizada y más rápidamente avanza por el sistema.

Las sustancias separadas salen de la columna disueltas en el gas de arrastre y pasan por un detector, dispositivo que genera una señal eléctrica proporcional a la cantidad del material eluído. El registro de esta señal en función del tiempo es el cromatograma, en donde las sustancias aparecen como picos con áreas relativamente proporcionales a sus concentraciones, lo que posibilita el análisis cuantitativo.

### **4.3. Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR)**

En la cromatografía líquida, los componentes de una mezcla son arrastrados mediante el flujo de una fase móvil líquida a través de una fase estacionaria fijada dentro de una columna. Las separaciones están basadas en las diferencias en la velocidad de migración de los componentes de la muestra, que vienen condicionadas por la naturaleza de los analitos y su interacción con las fases.

Para la cromatografía líquida en *fase normal* se utiliza una fase estacionaria relativamente polar y una fase móvil relativamente apolar. La cromatografía en *fase inversa* se desarrolla usando una fase estacionaria relativamente apolar y una fase móvil relativamente polar.

Los diversos componentes de la mezcla se distribuyen por sí mismos entre las dos fases según la naturaleza química de éstos con respecto a las fases móvil y estacionaria. Posteriormente, la adición de fase móvil arrastra a las moléculas de soluto hasta el extremo de la columna, invirtiendo para ello un tiempo inversamente proporcional a la afinidad del soluto por la fase móvil.

Las sustancias separadas salen de la columna y pasan por un detector que transforma la señal en una gráfica en función del tiempo, el cual proporciona información cualitativa, mientras que los valores de las áreas son útiles para el análisis cuantitativo de la mezcla.

La aplicación de esta técnica cromatográfica en el estudio de los aceites esenciales presenta limitaciones en relación a la cromatografía gaseosa, si bien puede ser de utilidad para el estudio de determinados componentes.

#### **4.4. Espectroscopía de infrarrojos (IR)**

La gran mayoría de aplicaciones analíticas se basan en el empleo de una parte del infrarrojo medio comprendido entre los 4000 y 670  $\text{cm}^{-1}$ . Su principal utilización ha sido la identificación de compuestos orgánicos, ya que los espectros correspondientes suelen ser complejos y contienen numerosos máximos y mínimos que pueden servir para realizar comparaciones (Williams & Fleming, 1995).

Un espectro infrarrojo muestra aquellas frecuencias en donde se logra que el sistema absorba radiación.

El espectro se obtiene irradiando la muestra con luz infrarroja proveniente de una fuente adecuada, y la luz transmitida por la muestra es discriminada o analizada en sus diferentes longitudes de onda o frecuencia mediante una red de

difracción (o un prisma). Un detector mide la intensidad promedio de la radiación para cada longitud de onda separada, que corresponde a la señal analítica, la cual se amplifica y se obtiene el correspondiente espectro.

La resolución del espectro dependerá de la calidad del monocromador entre otras variables, de la velocidad con la cual se mueve la red y del detector. El espectro es obtenido punto a punto y generalmente se representa por %T (% de transmitancia).

Si bien se trata de una técnica poco habitual en el ámbito de la investigación en aceites esenciales, puede ser considerada de utilidad para la obtención de la huella digital de los mismos (Masada, 1976).

#### **4.5. Espectrometría de masas (EM)**

La Espectrometría de Masas es una herramienta analítica cuyo objetivo primordial es determinar la masa molecular de la sustancia de interés, así como proporcionar una valiosa información estructural de la misma.

Para determinar la masa molecular es necesario ionizar la molécula mediante diferentes técnicas como Impacto Electrónico (IE), Ionización Química (IQ), etc. Las combinaciones cromatográficas como la CG-EM permiten, además, determinaciones cuantitativas de compuestos volátiles en muestras complejas, previa separación cromatográfica.

Los iones son formados en la cámara de ionización mediante la inducción de ganancia o pérdida de carga, acelerados electrostáticamente, enfocados hacia el analizador que los separa en función de su relación masa a carga ( $m/z$ ) y recogidos en un colector o detector que registra la señal producida. Estas señales son digitalizadas y enviadas a un sistema informático que permite estudiar las señales recibidas, manipularlas y compararlas con librerías comerciales de espectros ya registrados. El espectro de masas se representa en un sistema de coordenadas, indicándose en el eje de abscisas la relación  $m/z$  y en el eje de ordenadas la

abundancia iónica relativa de cada uno de los iones detectados (Williams & Fleming, 1966; Silverstein et al., 1997; Esteban, 1993).

Se trata de una técnica que rara vez se aplica en solitario al estudio de los aceites esenciales.

#### **4.6. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM)**

El acoplamiento de la Cromatografía Gaseosa previa a la Espectrometría de masas aporta una poderosa técnica de identificación de estructuras que se encuentran en forma de mezcla compleja, como es el caso de los aceites esenciales (Williams & Fleming, 1966; Esteban, 1993; Saxena et al., 2004; Brophy et al., 2004; Miguel et al., 2004; Barazandeh, 2004; Sefidkon & Abdoli, 2004). Cada uno de los componentes puros de un aceite esencial, separados por CGL y representados en un cromatograma por un pico simple (Williams, 1996), se transfiere directamente al espectrómetro de masas, en el que sufre los diversos procesos de ionización, fragmentación y detección.

El cromatograma obtenido aporta la información sobre los porcentajes relativos de cada uno de los componentes en la mezcla, al mismo tiempo que la información espectral de cada pico permite identificar a las diversas sustancias que la forman.

#### **4.7. Ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos analíticos**

##### **4.7.1. Cromatografía en capa fina:**

###### **Ventajas:**

- Es una técnica rápida y barata.
- Sirve de seguimiento rápido para conseguir, mediante cromatografía preparativa en columna, componentes aislados lo suficientemente

puros para usar en determinaciones que requieran elevada pureza.

**Inconvenientes:**

- Para la identificación de componentes, es preciso disponer de todos los posibles patrones que se están investigando, y de una idea aproximada de la naturaleza del componente, antes de proceder a comparar.
- Es prácticamente imposible la observación por separado de los componentes que pertenecen al grupo de HCMT (hidrocarburos monoterpénicos).
- Aporta poca información cuantitativa de los componentes, salvo en el caso de realización de lecturas fotodensitométricas.
- No permite la recuperación de los componentes de la mezcla.

**4.7.2. Cromatografía gaseosa:**

**Ventajas:**

- Se obtiene una separación adecuada de los diversos componentes de una mezcla.
- Aporta información cuantitativa sobre los mismos.

**Inconvenientes:**

- Para identificar los componentes, es preciso recurrir a operaciones complejas con ayuda de patrones externos, como es la del cálculo de los índices de retención y de Kováts (Dabrio, 1971).
- La mayoría de las veces, y dependiendo del tipo de detector usado, es una técnica destructiva que no permite obtener componentes aislados para usar en otras determinaciones.

- No es válida para trabajar con componentes no volátiles

#### 4.7.3. Cromatografía líquida de alta resolución:

##### **Ventajas:**

- En mezclas poco complejas se obtiene una separación adecuada de los diversos componentes.
- Aporta información cuantitativa de los mismos.
- Válida para trabajar con componentes volátiles y no volátiles.

##### **Inconvenientes:**

- Para identificar adecuadamente los componentes, es preciso recurrir a comparaciones con cromatogramas estándares que obligan a partir de una idea aproximada sobre la naturaleza de los componentes.
- Cuando se parte de mezclas con elevado número de componentes, las separaciones son inadecuadas.
- Es preciso disponer de volúmenes de muestra significativos.

#### 4.7.4. Espectroscopía de infrarrojos:

##### **Ventajas:**

- Válida para trabajar con componentes volátiles y no volátiles.
- Identifica totalmente a las sustancias.
- No destructiva.

##### **Inconvenientes:**

- A partir de la mezcla inicial, precisa de separaciones previas de los componentes mediante alguna técnica cromatográfica.

- Para la completa identificación de un componente, requiere del apoyo de programas informáticos: técnica cara.
- Para obtener información cuantitativa, precisa del acoplamiento con alguna técnica cromatográfica.

#### 4.7.5. Espectrometría de masas:

##### **Ventajas:**

- Identifica totalmente a las sustancias.
- Alta sensibilidad.

##### **Inconvenientes:**

- A partir de la mezcla inicial, precisa de separaciones previas de los componentes mediante alguna técnica cromatográfica.
- Para la completa identificación de un componente, requiere del apoyo de programas informáticos: técnica cara.
- Para obtener información cuantitativa, precisa del acoplamiento con alguna técnica cromatográfica.
- Técnica destructiva.

#### 4.7.6. Cromatografía de gases acoplada a detector de espectrometría de masas:

##### **Ventajas:**

- Identifica totalmente a las sustancias.
- Alta sensibilidad.
- Separación adecuada de los diversos componentes de una mezcla.

- Aporta información cuantitativa sobre los mismos.

**Inconvenientes:**

- Para la completa identificación de un componente, requiere del apoyo de programas informáticos: técnica cara.
- Técnica destructiva.
- No válida para componentes no volátiles.

## **5. MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LA ESCORRENTÍA, PÉRDIDA DE SUELO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA**

La estimación en campo del fenómeno de la erosión presenta serias dificultades reconocidas por diferentes autores, relacionadas con las características del proceso y las dificultades de su estudio en campo. A pesar de ello, siempre se ha tenido la necesidad de conocer la importancia del mismo tanto desde el punto de vista medioambiental como del socioeconómico. Debido a ello, se han desarrollado diversos estudios que tenían como objetivo la estimación de las pérdidas de suelo y agua que se producían por este fenómeno, así como el establecimiento de la eficacia de la aplicación de las distintas técnicas de control del mismo. Numerosos autores han puesto a punto diferentes métodos destinados a evaluar las pérdidas provocadas por la erosión hídrica, algunos de los cuales tienen un carácter estrictamente cualitativo mientras que otros son de orden cuantitativo.

En el caso de los métodos cualitativos, no se persigue una valoración numérica, sino que se tiene en cuenta el estado de determinados parámetros que influyen en el proceso erosivo, como el propuesto por Moreira (1991), en el que se hace uso de la observación de la erosividad, posición del suelo, vegetación, etc. Igualmente, la utilización de fotografías aéreas en distintos periodos ha servido para conocer la evolución de la erosión y proceder a la elaboración de mapas de erosión

(Trustrum, 1982; Rubio et al., 1984; Maucorps, 1990). En el mismo sentido se ha procedido al empleo de imágenes del Landsat, al tiempo que se han desarrollado técnicas de análisis multiespectral, así como se ha hecho uso de los SIG para la evaluación de la erosión en diferentes países (Fenton, 1981; Weissmiller, 1983; CORINE-CEC, 1992; Francheck & Biggam, 1992).

Por otra parte, como método cualitativo para la evolución de la erosión, se ha hecho uso del estudio de los estados de erosión y deposición mediante la observación con sensores remotos y contrastes de campo (Gallardo, 1989; Gallardo, 1992), si bien, debido al problema de la interpretación de los matices de las fotografías, disminuye la exactitud de la técnica, siendo necesario un trabajo de campo complementario.

Dentro del grupo de métodos cualitativos, el programa CORINE, aplicado a los Estados de la Unión Europea, incluye el proyecto “Soil erosion risk and important land resources”, que tiene como objetivo la evaluación tanto del riesgo de erosión potencial como del riesgo de erosión real, especialmente en el sur de la UE. Este proyecto considera parámetros tales como la textura del suelo, su profundidad, pedregosidad, erosividad climática, pendiente y cobertura del suelo (CORINE-CEC, 1992).

Basándose en métodos cualitativos, en España se han llevado a cabo distintos estudios con el fin de evaluar la erosión hídrica en diferentes áreas. Entre ellos se encuentran los realizados por ICONA en 1982 y 1989, los desarrollados para distintas zonas de la provincia de Valencia (Bordás & Sánchez, 1988), el realizado en la cuenca de Fortuna de la provincia de Murcia (Albadalejo et al., 1988), el aplicado para Andalucía (Moreira, 1991), o en la provincia de Alicante (Gisbert & Ibáñez, 2003).

Los métodos cuantitativos permiten estimar numéricamente la erosión hídrica. Esta estimación puede realizarse, bien mediante medidas directas del arrastre de sólidos y de la escorrentía, bien por aplicación de modelos físicos,

estadísticos, paramétricos, etc. Entre los primeros se pueden citar los que emplean colectores de sedimentos más o menos adaptados a la zona del estudio (Cuadros et al., 1991; Gallart, 1992; García Ruiz, 1992; Gerlach, 1967), agujas y perfiladores (Sancho et al., 1991), simuladores de lluvia (Bubenzer & Jones, 1971; Roth et al., 1985; Sanroque, 1988; Navas et al., 1990) o aquellos que miden factores asociados con el transporte de elementos sólidos tales como el carbono orgánico (Kreznor et al., 1992), el cesio 137 (Sutherland et al., 1991; Navas, 1992) u otros elementos, tanto químicos como biológicos.

Cuando se trata de evaluar cuantitativamente la incidencia de diferentes manejos de suelos sobre la emisión de sedimentos y sobre la escorrentía, se ha de elegir una metodología que permita, al mismo tiempo, ser aplicada en campo y correlacionar los diversos eventos pluviométricos erosivos con la capacidad de control sobre la conservación del suelo y del agua que tienen la aplicación de las distintas técnicas de manejo de suelos. Ello se puede conseguir con el empleo de parcelas cerradas, en las cuales, al mismo tiempo que se mide el transporte de sólidos y la escorrentía, se puede llevar a cabo una evaluación cuantitativa de los movimientos de elementos químicos y biológicos que se exportan de la parcela. La utilización de parcelas cerradas permite una mayor exactitud en la cuantificación de la erosión, midiendo directamente en campo las pérdidas de suelo, de agua de lluvia como escorrentía superficial y de nutrientes. Al mismo tiempo, puede ser un buen instrumento para validar otros métodos de estimación de la erosión aplicados a nuestras condiciones edafo-climáticas. Este método de evaluar cuantitativamente la erosión en campo exige un buen diseño de las parcelas cerradas de acuerdo con la climatología de zona y de la cubierta vegetal, así como de su correcta instalación y mantenimiento (Martínez-Raya & Francia, 1997).

Aunque los métodos cuantitativos de estimación indirecta, basados en modelos matemáticos, físicos (EUROSEM, WEPP) o estadísticos (Fournier, 1960; Das & Agarwal, 1990; Morgan, 1992), son muy empleados debido a que eliminan el

engorroso problema de las medidas de campo, pierden exactitud con respecto a los basados en una estimación directa. De todos ellos, los más utilizados son los paramétricos, siendo el más conocido el basado en la USLE (Wischmeier & Smith, 1965; Meyer & Wischmeier, 1969; Foster & Wischmeier, 1974; Foster & Meyer, 1975) y sus respectivas actualizaciones y correcciones, la MUSLE (Williams, 1975; Onstad & Foster, 1975; Foster et al., 1977) y la RUSLE (Dissmeyer & Foster, 1985; McCool et al., 1989; Young et al., 1990; Nearing et al., 1991).

La USLE, “Universal Soil Loss Equation”, es el modelo de mayor aplicación debido a su fácil manejo, si bien debe ser utilizado correctamente con el fin de evitar errores en la interpretación de los resultados obtenidos. Su expresión es la siguiente:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

donde

A = pérdida de suelo

R = erosividad de la lluvia

K = erosionabilidad del suelo

L = longitud de la ladera

S = pendiente de la ladera

C = cultivo y manejo del suelo

P = prácticas de conservación

Estos parámetros tratan de interpretar los mecanismos erosivos y han de ser valorados correctamente, especialmente en sus dimensiones, con el fin de no cometer errores importantes.

Pero la evaluación real, en cada caso concreto, expresada en pérdida de capacidad productiva de nuestro suelo, incluso expresada en unidades monetarias, hay que realizarla en la propia parcela. No es lo mismo la pérdida de un espesor de

suelo dado, cuando se produce en un suelo profundo con cierta facilidad de regeneración, que si esa pérdida tiene lugar en un suelo de poca profundidad y de poca capacidad de regeneración, lo cual es muy frecuente en nuestros suelos y en nuestras condiciones climáticas. El arrastre de unos pocos centímetros de suelo puede representar una pérdida importante del mismo en comparación con la disponibilidad que tiene el sistema radicular de los vegetales implicados, y estas pérdidas, en casos extremos, pueden conducir a la necesidad de abandonar el cultivo.

Para evaluar cuantitativamente la incidencia de diferentes manejos de suelos sobre la emisión de sedimentos y sobre la escorrentía, se ha de elegir una metodología que permita, por una parte, ser aplicada en campo, y por otra, correlacionar los diversos eventos pluviométricos erosivos con la propia capacidad de la técnica de incidir sobre la conservación del suelo y del agua.

Los resultados obtenidos en estudios sobre la erosión y/o escorrentía con distintos manejos de suelo, han puesto de manifiesto que el uso de micro cuencas permite un análisis muy completo sobre la incidencia de las variables que intervienen en el proceso erosivo. La fiabilidad de la extrapolación de los datos obtenidos en las investigaciones realizadas en micro cuencas es mayor que en el caso de las parcelas cerradas, toda vez que algunas prácticas conservacionistas tan solo pueden ser comprobadas y valoradas cuando se aplican en áreas superiores a las de las citadas parcelas, si bien estas últimas ofrecen como ventajas lo asequible de su costo, la comodidad de su manejo y su demostrada utilidad.



# **OBJETIVOS**

---



Teniendo en cuenta la necesidad de actuar frente a la pérdida de biodiversidad y empobrecimiento de los suelos, consecuente a la aplicación de técnicas inadecuadas de aprovechamiento de la flora aromática de nuestro entorno, se planteó como objetivo primario y prioritario de esta memoria de Tesis doctoral, el establecimiento del nivel de poda óptimo, en el que se conjugaran los siguientes factores:

- aprovechamiento económico por parte del sector agrario de la zona
- control de la pérdida de suelo
- disminución de la escorrentía

Entendemos que la posibilidad de hacer coincidir estos tres factores permitiría la explotación sostenible y respetuosa con el medio ambiente de nuestra flora aromática, dentro de una zona geográfica necesitada de nuevas fuentes de riqueza.

A este objetivo prioritario se añade otro que, no por ser secundario, deja de tener importancia dentro del campo de los productos aromáticos procedentes de especies vegetales, tal como es el establecimiento del proceso extractivo idóneo a aplicar sobre *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* en función de:

- mayor aprovechamiento económico de la misma como aromatizante
- posibilidades terapéuticas, directamente dependientes de la composición cuali y cuantitativa del producto obtenido.



# **MATERIALES Y MÉTODOS**

---



## **1. ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE CULTIVOS**

El marco de plantación elegido, teniendo en cuenta la posibilidad de incorporar mecanización, especialmente en el proceso de recolección, fue de 1x1 m. El cultivo de secano se llevó a cabo según las técnicas ecológicas, no habiéndose empleado ningún producto fitoquímico durante el desarrollo del mismo. El control de las hierbas espontáneas se realizó manualmente mediante el arranque de las mismas.

### **1.1. Recolección. Desección**

La recolección se realizó manualmente, en época de floración, aplicando los distintos tratamientos según las diferentes intensidades de recolección (niveles de poda) que fueron del 25%, 50% y 75%. Se mantuvo una parcela no sometida a recolección (0%), como testigo.

El material recolectado se evaluó mediante el peso de la biomasa recogida por parcela, refiriéndola a los Kg. por ha correspondiente. El conjunto de la biomasa recolectada se desecó en habitáculo cubierto y aireado a temperaturas comprendidas entre 18-25° C, hasta peso constante. Una vez desecada, se procedió al peso de la misma con el fin de establecer el contenido en materia seca de cada uno de los tratamientos de poda. De cada tratamiento se muestreó cantidad suficiente para poder establecer el rendimiento p/p en aceite esencial.

Si bien las experiencias relativas a protección de suelo y valores de escorrentía se realizaron a lo largo de cuatro años, en el caso del establecimiento de rendimientos en aceite esencial y composición cuali y cuantitativa del mismo las investigaciones se llevaron a cabo transcurrido un año desde el inicio de los cultivos, una vez establecidos éstos.

En consecuencia, el año en que se iniciaron los cultivos se ha denominado

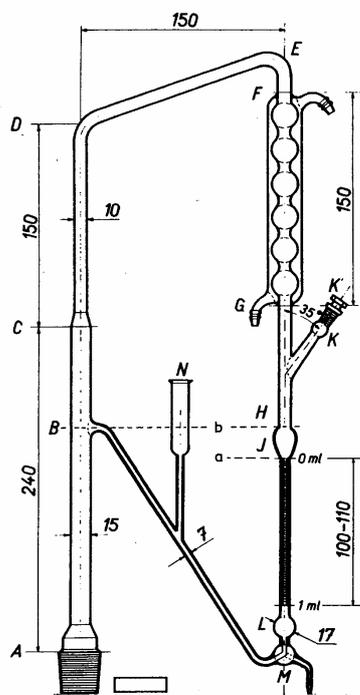
año 0; y los años siguientes como primer, segundo y tercer año.

## 2. EXTRACCIÓN Y DETERMINACIÓN DE RIQUEZA EN ESENCIA

Tras la consideración de las ventajas e inconvenientes que caracterizan a cada uno de los métodos disponibles para la consecución del fin propuesto, se procedió a la siguiente selección:

### 2.1. Hidrodestilación clásica

Para este proceso se empleó el equipo CLEVANGER modificado según diseño cuyo esquema se adjunta (figura 3).



**Figura 3.** Aparato para la determinación de aceites esenciales en las drogas vegetales. (Real Farmacopea Española, 2ª ed., 2002)

En todos los casos se partió de 300 g de material vegetal desecado, excepto en las hidrodestilaciones correspondientes a las podas del 75% de los años primero y tercero, para las que se usaron 150 g.

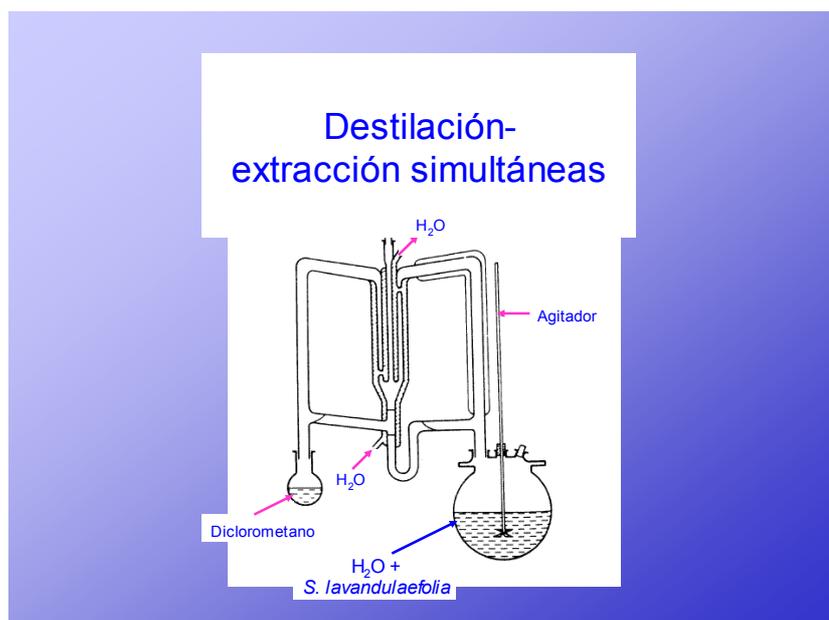
La duración de la destilación se prolongó media hora a partir del momento en que se obtuvieron dos lecturas concordantes en el tubo de recogida graduado.

El volumen total de aceite esencial recogido fue pesado, y se refirió en tanto por ciento, al peso de la planta desecada sometida a destilación (% p/p).

El aceite esencial se conservó hasta su posterior análisis, entre 4°-6° C y en presencia de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro como desecante.

## 2.2. Destilación-extracción simultáneas mediante un dispositivo *Likens-Nickerson* modificado

Este proceso se realizó mediante un dispositivo de destilación-extracción simultáneas según diseño modificado por *Likens-Nickerson* (figura 4).



**Figura 4.** Dispositivo para el proceso de destilación-extracción simultáneas.

Las condiciones con las que se trabajó en este desarrollo experimental supusieron ensayar como agentes extractivos el éter ter-butílico, el pentano, el cloruro de metileno y una mezcla de cloruro de metileno y pentano (1:1 en volumen).

La mezcla cloruro de metileno:pentano se encontró poco apropiada, ya que en la fase acuosa se formaban emulsiones, las cuales no podían disgregarse con suficiente rapidez antes de que ambas fases retornasen a los matraces de destilación respectivos; se observó una separación de los componentes individuales, pentano y cloruro de metileno, después del contacto con el vapor de agua. El cloruro de metileno retornaba, junto con la fase acuosa, al matraz de destilación de la muestra. Esto se debe, principalmente, a las diferencias de densidad entre los tres líquidos.

$$\text{Densidad}_{(\text{pentano})} < \text{densidad}_{(\text{agua})} < \text{densidad}_{(\text{cloruro de metileno})}$$

De los otros 3 agentes extractivos, (éter ter-butílico, pentano y cloruro de metileno) los mejores rendimientos de extracción se obtuvieron con el cloruro de metileno.

En consecuencia, se empleó diclorometano como disolvente de extracción, añadiéndole al agua de destilación una pequeña cantidad de estearato magnésico para disminuir la solubilidad en ella de componentes hidrofílicos. En todos los casos, al igual que para la hidrodestilación, se partió de 300 g de material vegetal desecado, excepto en las extracciones correspondientes a las podas del 75% de los años primero y tercero, para las que se usaron 150 g. El volumen de cloruro de metileno empleado fue de 60 ml, y la duración de la destilación se prolongó durante 3 horas, tras lo cual se retiró la calefacción del matraz de destilado y se mantuvo durante 20 minutos más en el matraz del disolvente. El extracto fue concentrado en rotavapor hasta eliminación total del disolvente, se pesó, y se refirió en tanto por ciento, al peso de la planta desecada sometida a la técnica.

El aceite esencial se conservó hasta su posterior análisis, entre 4°-6° C y en

presencia de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro como desecante.

### 2.3. Extracción con fluidos supercríticos

El proceso de extracción mediante fluidos supercríticos comprende tres etapas:

- 1) Extracción por percolación de la materia prima a extraer por  $\text{CO}_2$  supercrítico
- 2) Separación del extracto y del  $\text{CO}_2$  por descompresión (paso del  $\text{CO}_2$  al estado gaseoso)
- 3) Reciclado del  $\text{CO}_2$  (paso del  $\text{CO}_2$  al estado líquido por enfriamiento)

El procedimiento seguido en nuestro caso, queda representado por la fig. 5.

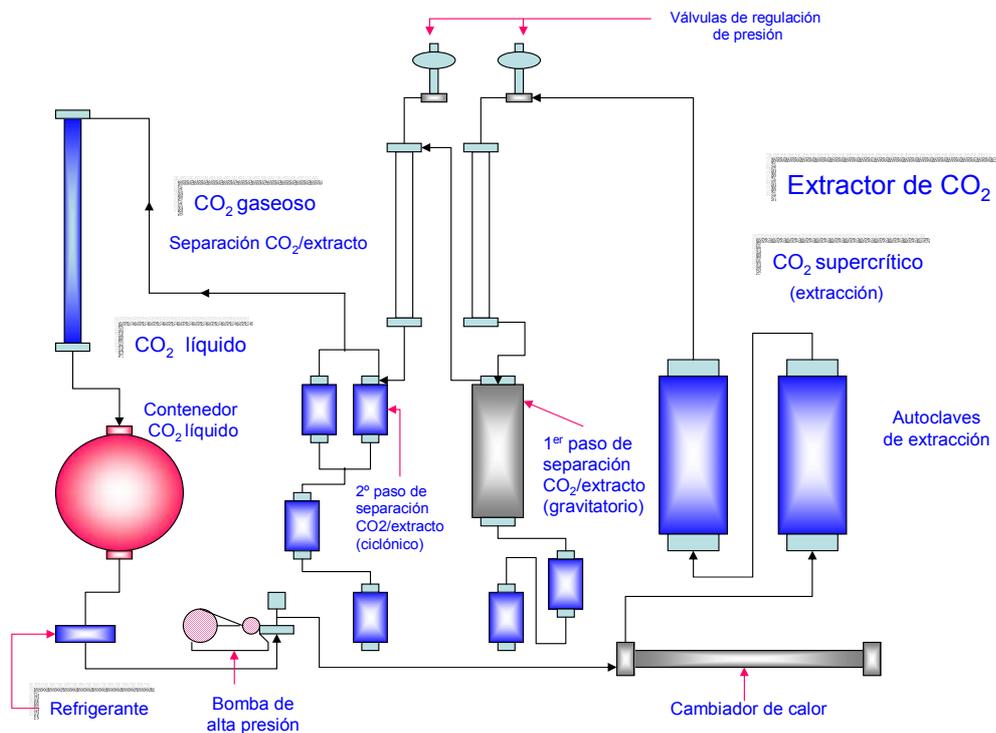


Figura 5. Proceso de extracción con fluidos supercríticos.

Tras molturación, 483 gramos de muestra vegetal fueron sometidos a doble proceso de extracción en el autoclave, a 40°C de temperatura, siendo las presiones aplicadas de 100 bares en la primera extracción y de 280 en la segunda.

Las presiones aplicadas en los tres separadores de extracto/CO<sub>2</sub> fueron, en todos los casos, de 55 bares; mientras que la temperatura aplicada en el caso del primer separador fue de 65° C y en los dos siguientes de 45° C. En todos los casos, el flujo de CO<sub>2</sub> fue de 15 kg/h. El extracto obtenido, tras decantación, fue sometido posteriormente a refinado (b.m. 50°C, durante 30 minutos), obteniéndose un rendimiento de 3,48 % p/p.

## **2.4. Análisis de la esencia**

Tras detenida consideración de las ventajas e inconvenientes que presentan los métodos que se proponen para el estudio analítico cuali- y cuantitativo de los aceites esenciales, se procedió a la selección de la cromatografía de gases dado que a su alta sensibilidad une la adecuada separación de los distintos componentes, al tiempo que permite tanto la identificación de los mismos, fundamentalmente cuando se asocia a la espectrometría de masas, como la total cuantificación de los diversos compuestos que constituyen los aceites esenciales.

### **2.4.1. Cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama GLC-FID (*gas liquid chromatography-flamme ionization detector*)**

El estudio inicial de los distintos productos extractivos estudiados se realizó mediante cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama (modelo Agilent 6890), aplicando las siguientes condiciones instrumentales:

- Automuestreador de líquidos Hewlett-Packard 7673 A
- Columna capilar de metilsilicona DB-5 (30 m de longitud x 0,25

mm de diámetro interno x 0,25 µm de espesor de película)

- Temperatura del inyector: 250°C
- Temperatura del detector: 250°C
- Volumen de inyección: 0,1 µl
- División de la muestra: 1/100
- Gas portador: Helio
- Flujo del gas portador: 1ml/minuto
- Programa de temperaturas:
  - Temperatura inicial: 65°C
  - Tiempo Inicial: 3 minutos
  - Temperatura final: 210°C
  - Gradiente: 3,5°C/minuto
  - Tiempo final: 30 minutos.

Los componentes se identificaron mediante el cálculo de los índices de retención por el método de Kováts (Dabrio, 1971) y comparación de éstos con los de las sustancias patrones correspondientes y con los publicados en bibliografía. (Davies, 1990; Adams, 2001).

#### **2.4.2. Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas**

La composición cualitativa y cuantitativa de los productos obtenidos mediante las tres técnicas extractivas se determinó mediante cromatografía de gases acoplada a un detector de espectrometría de masas (cromatógrafo de gases Agilent 6890, con espectrómetro de masas Hewlett-Packard 5973), según las siguientes condiciones instrumentales:

- Automuestreador de líquidos Hewlett-Packard 7673 A
- Columna de metilsilicona DB-5 (30 m de longitud x 0,25mm de

diámetro interno x 0,25 µm de espesor de película)

- Temperatura del detector: 250°C
- Temperatura de inyección: 250°C
- Volumen de inyección: 0,1 µl
- División de la muestra: 1/70
- Gas portador: Helio
- Flujo del gas portador: 1.2ml/minuto
- Programa de temperaturas:
  - Temperatura inicial: 65°C
  - Tiempo Inicial: 3 minutos
  - Temperatura final: 210°C
  - Gradiente: 3,5°C/minuto
  - Tiempo final: 30 minutos

Los espectros de masas fueron adquiridos en modo de impacto electrónico (EI) con una energía de ionización de 70 eV. La velocidad de barrido fue de 2 scan/segundo en un rango de masas entre 35 y 300 uma (unidades de masa atómica).

La identificación de los componentes se hizo en función de sus espectros de masas, por comparación con los contenidos en librerías comerciales (Adams, 2001), en librería creadas por el usuario, y/o interpretación de los mismos.

El análisis cuantitativo se realizó por el método de las proporciones relativas, calculadas directamente desde las áreas de los picos cromatográficos.

## **2.5 Evaluación cuantitativa de la erosión**

Se controló la emisión de sedimentos y escorrentía teniendo en cuenta la intensidad de recolección (25, 50 y 75% de la parte aérea de la planta); para ello se utilizaron cuatro parcelas cerradas de las siguientes características cada una:

- Superficie: 96 m<sup>2</sup> (24 x 4) (foto 3).
- Pendiente media de las parcelas: 17%, lo cual permitiría mecanizar la recolección.
- Cerramiento: chapa galvanizada.
- Colector de sedimentos en chapa galvanizada con rejilla, instalado en el extremo final de la parcela para la recogida de elementos gruesos.
- Divisor: tipo GEIB, 1: 9 (foto 4)
- Bidones de 200 L para recoger la escorrentía y elementos en suspensión muestreados en el divisor.



**Foto 3.** Parcela de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*. Lanjarón.

Se estudiaron todos los fenómenos erosivos naturales desde la implantación de las parcelas, para lo cual se procedió a:

- Cuantificar la emisión de sedimentos (t/ha), mediante la recogida de los sólidos gruesos arrastrados, así como los líquidos con sedimentos en suspensión, que fueron valorados en laboratorio a peso seco.
- Determinar la escorrentía, cuantificando el volumen de agua recogido en los depósitos construidos para tal fin.



Foto 4. Divisor GEIB

Además, se realizó el cálculo del factor  $EI_{30}$  de la USLE con el objeto de evaluar la energía cinética de cada aguacero erosivo.

# **RESULTADOS**

---



## 1. RENDIMIENTO EN PRODUCTO EXTRACTIVO

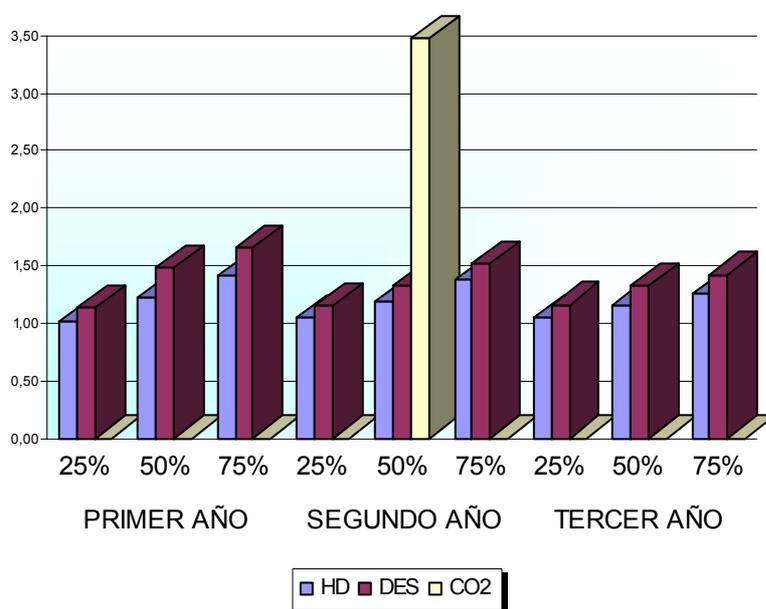
Los rendimientos obtenidos en producto extractivo para cada uno de los años en que se realizaron las experiencias, teniendo en cuenta tanto los tres niveles de poda aplicados como los tres métodos extractivos empleados, quedan reflejados en la tabla 5.

**Tabla 5.** Rendimiento en producto obtenido según método extractivo, nivel de poda y año de cultivo

Método extractivo	PRIMER AÑO			SEGUNDO AÑO			TERCER AÑO		
	Nivel de poda			Nivel de poda			Nivel de poda		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%
<b>HD</b>	1,01	1,22	1,41	1,05	1,19	1,38	1,05	1,16	1,25
<b>DES</b>	1,13	1,48	1,65	1,15	1,33	1,51	1,16	1,32	1,42
<b>CO<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	3,48	-	-	-	-

Tal y como se puede observar (gráfica 1), el mayor rendimiento corresponde a la extracción realizada mediante fluidos supercríticos, sobre el nivel de poda del 50% del segundo año, seguida a distancia por la destilación-extracción simultáneas. Los menores rendimientos se obtuvieron con el proceso de hidrodestilación. En ambos casos, destilación-extracción simultáneas e hidrodestilación, se observa que los rendimientos en producto extractivo aumentan según es mayor el nivel de poda aplicado, correspondiendo, en términos generales, los mayores rendimientos al primer año de cultivo.

Gráfica 1. Rendimiento en producto obtenido según método extractivo, nivel de poda y año de cultivo



## 2. ANÁLISIS CUALI Y CUANTITATIVO (CG-EM) DE LOS PRODUCTOS EXTRACTIVOS

Una vez obtenidos los distintos productos extractivos, se procedió al análisis cuali y cuantitativo de los mismos mediante CG- EM. Los resultados se presentan teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Método extractivo
- Nivel de poda aplicado
- Año de cultivo

Teniendo en cuenta que en un análisis cromatográfico el objetivo

prioritario es el de establecer el perfil del producto, se presentan en primer lugar los resultados obtenidos con los productos extractivos procedentes de hidrodestilación. De esta manera se puede establecer un perfil que responde en sentido estricto a lo que se considera como aceite esencial y que, por lo tanto, permite la comparación de los productos resultantes de los otros dos métodos extractivos, destilación-extracción simultáneas y extracción mediante fluidos supercríticos.

### **2.1. Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos por hidrodestilación (aceites esenciales)**

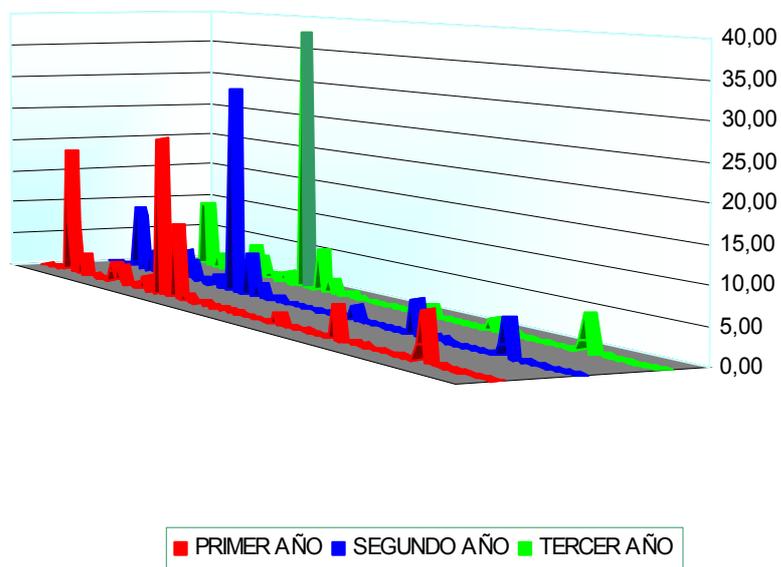
Los resultados de los análisis cualitativos y cuantitativos de los aceites esenciales obtenidos a partir de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, se presentan teniendo en cuenta tanto la intensidad de recolección a la que se ha sometido el material vegetal, como el año de cultivo en que se procedió a la recolección. De otro lado, se ha procedido a establecer el perfil cromatográfico del aceite esencial de esta especie a partir de los datos obtenidos en los análisis cromatográficos de los aceites esenciales extraídos a partir del material vegetal procedente de la mayor intensidad de poda (75%) durante los tres años de duración de los cultivos.

#### **2.1.1. Incidencia del nivel de poda en la composición del aceite esencial**

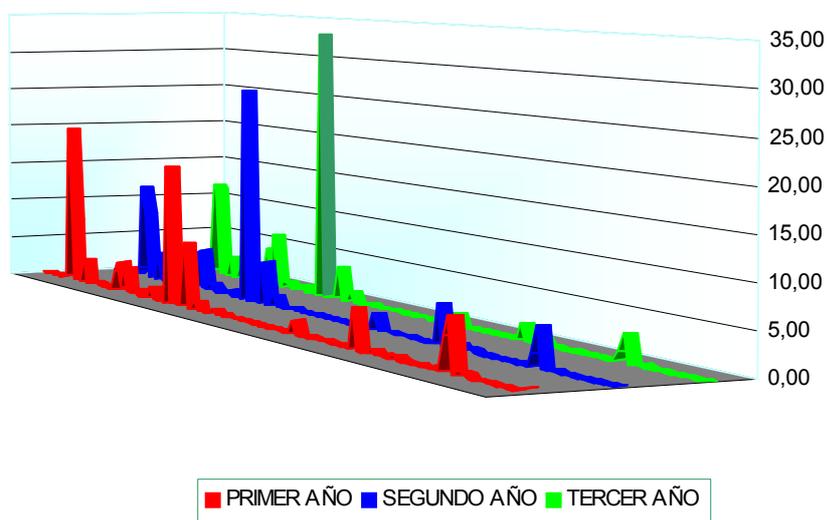
De acuerdo con el criterio arriba expuesto, en las tablas 6, 7 y 8, (ver Apéndice de cromatogramas y tablas) así como en las gráficas 2, 3 y 4, se presentan los resultados obtenidos mediante CG-EM con los aceites esenciales procedentes de los tres niveles de poda aplicados durante los tres años de duración de la experiencia.

El análisis cromatográfico de los aceites esenciales de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* muestra en todos los casos la complejidad de su composición, ya que el número de componentes detectados supera a los ochenta.

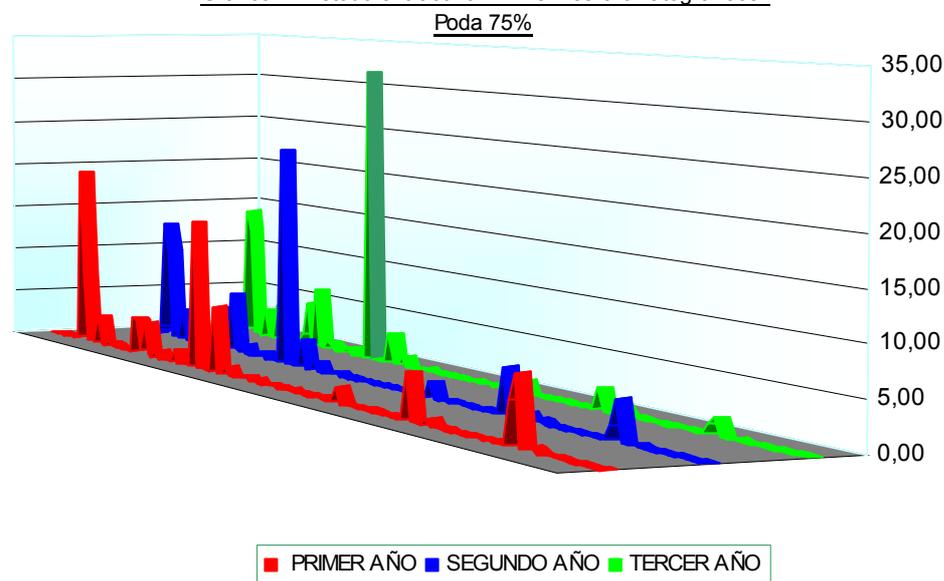
Gráfica 2. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:  
Poda 25%.



Gráfica 3. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:  
Poda 50 %.



Gráfica 4. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:



Se observa igualmente que, sea cual sea el nivel de poda aplicado, el componente mayoritario es el alcanfor, cuya concentración oscila entre el 15,83% y el 38,08%.

#### 2.1.2. Establecimiento del perfil cromatográfico del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia*

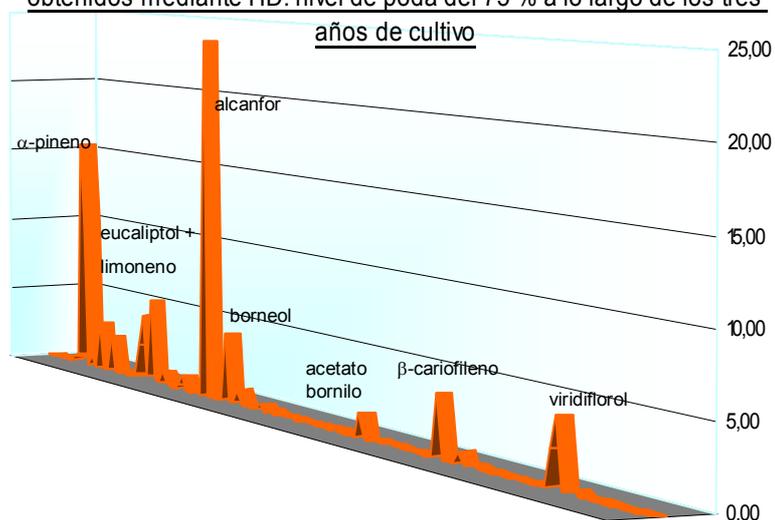
A la hora de establecer el perfil cromatográfico que ha de servir como elemento comparativo, y buscando la máxima aproximación a los aceites esenciales de *S. lavandulaefolia* que se encuentran en el mercado, se ha optado por realizarlo con los valores medios de los distintos componentes correspondientes al nivel de poda del 75% durante los tres años del ensayo (cromatogramas 1, 2 y 3, ver Apéndice de cromatogramas y tablas; tabla 9; gráfica 5).

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 9.** Media de los componentes de los aceites esenciales obtenidos mediante HD correspondientes al nivel de poda del 75% durante los 3 años de cultivo.

<b>HCMT</b>		<b>HCMT oxidados</b>	
tricicleno	0,36	eucaliptol	5,53
$\alpha$ -tuyeno	0,54	trans-sabineno hidrato	0,25
$\alpha$ -pineno	15,62	óxido de linalol	0,02
canfeno	10,08	canfenilona	0,02
2,4(10)-tuyadieno	0,09	linalol	0,93
sabineno	0,77	$\alpha$ -canfolenal	0,17
$\beta$ -pineno	3,22	alcanfor	23,67
mirreno	2,40	mentona	0,03
$\alpha$ -felandreno	0,14	isoborneol	0,12
$\alpha$ -terpineno	0,20	trans-pinocanfona	0,02
p-cimeno	2,28	pinocarvona	0,08
limoneno	4,44	borneol	4,45
$\beta$ -felandreno	0,29	isomentona	t
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,31	mentol	0,07
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,07	terpinen-4-ol	0,97
$\gamma$ -terpineno	0,88	p-cimen-8-ol	0,10
terpinoleno	0,30	$\alpha$ -terpineol	0,40
<b>HCST</b>		mirtenol	0,20
$\beta$ -bourboneno	t	verbenona	0,02
7-epi-sesquituyeno	0,03	trans-carveol	0,12
isocariofileno	0,01	nerol	0,03
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	formiato de isobornilo	0,12
$\beta$ -cariofileno	3,91	cis-carveol	t
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	neral	0,03
$\alpha$ -humuleno	0,79	aldehido cumínico	0,05
allo-aromadendreno	0,04	carvona	0,08
ar-curcumeno	0,21	geraniol	0,19
(Z, E)- $\alpha$ -farneseno	0,02	acetato de linalilo	0,05
viridifloreño	0,01	piperitenona	t
biciclogermacreno	t	geraniol	0,03
$\beta$ -bisaboleno	0,01	aldehido perilla	t
$\beta$ -curcumeno	0,03	acetato de bornilo	1,55
<b>HCDT</b>		acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,14
abietatrieno	0,02	eugenol	t
abietadieno	t	acetato de nerilo	0,02
<b>OTROS</b>		propionato de isobornilo	0,11
1-octen-3-ol	t	acetato de geraniol	0,06
3-octanona	t	propionato de nerilo	0,04
3-octanol	0,08	propionato de geraniol	0,23
butirato de hexilo	t	isobutirato de geraniol	0,04
criptona	0,02	butirato de geraniol	0,06
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,08	isovalerianato de geraniol	0,16
isovalerianato de hexilo	0,06	tiglato de geraniol	0,04
caproato de hexilo	T	<b>HCST oxidados</b>	
benzoato de hexilo	0,03	espatulenol	0,04
		óxido de cariofileno	2,32
		viridiflorol	4,29
		humuleno epóxido	0,33
		$\alpha$ -bisabolol	0,03

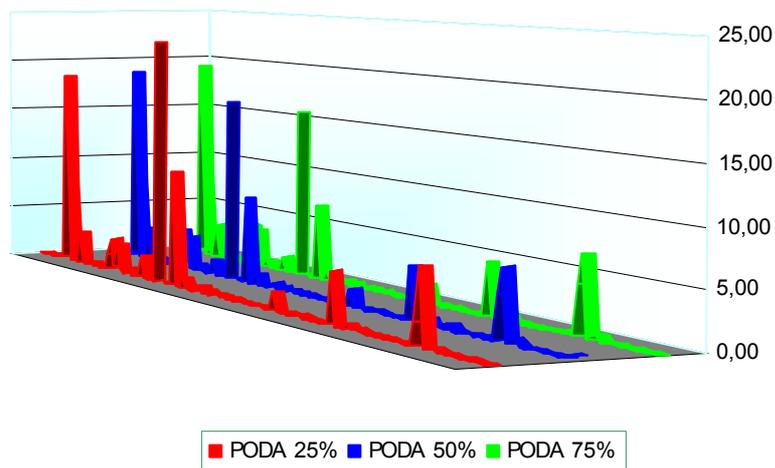
Gráfica 5. Media de los componentes de los aceites esenciales obtenidos mediante HD: nivel de poda del 75 % a lo largo de los tres



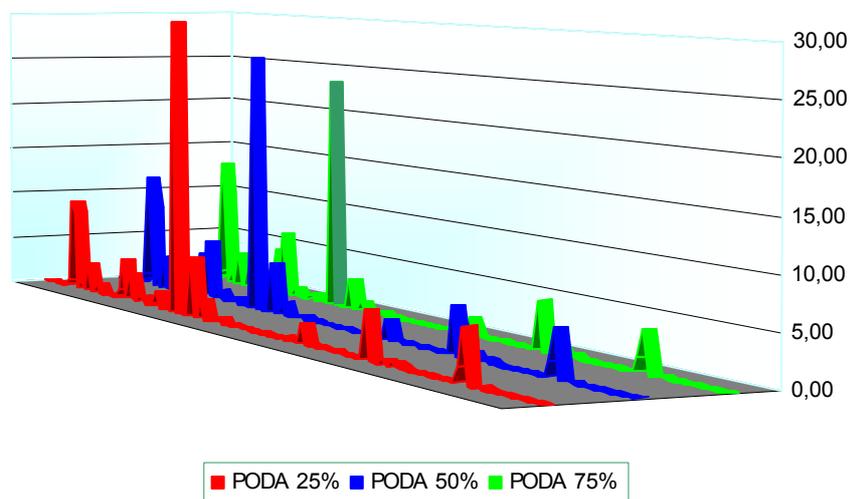
### 2.1.3. Incidencia del año de cultivo en la composición del aceite esencial

En los cromatogramas 4, 5 y 6 y tablas 10, 11 y 12 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas), junto con las gráficas 6, 7 y 8, se presentan los resultados obtenidos en el análisis cromatográfico de los aceites esenciales de *S. lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, tomando como parámetro definitorio el año de poda, con el fin de poder observar la posible incidencia de los distintos niveles de poda aplicados en cada uno de los tres años de duración de la experiencia, en la composición del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*.

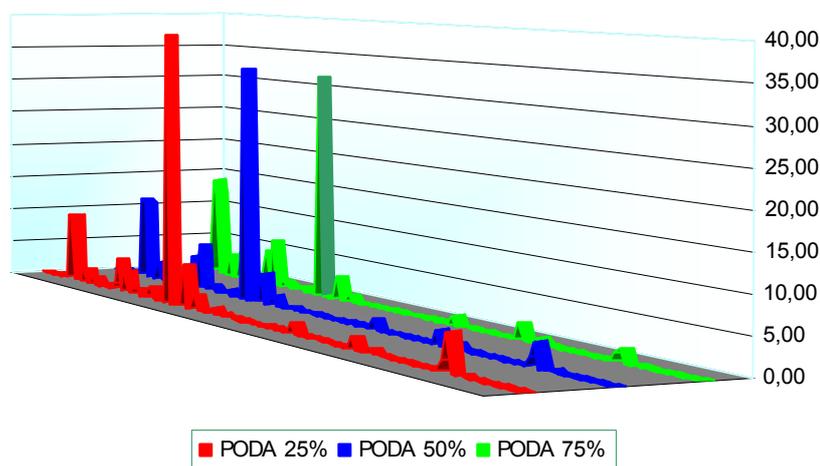
Gráfica 6. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:  
Primer año.



Gráfica 7. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:  
Segundo año.



Gráfica 8. Método extractivo HD. Perfiles cromatográficos:  
Tercer año.



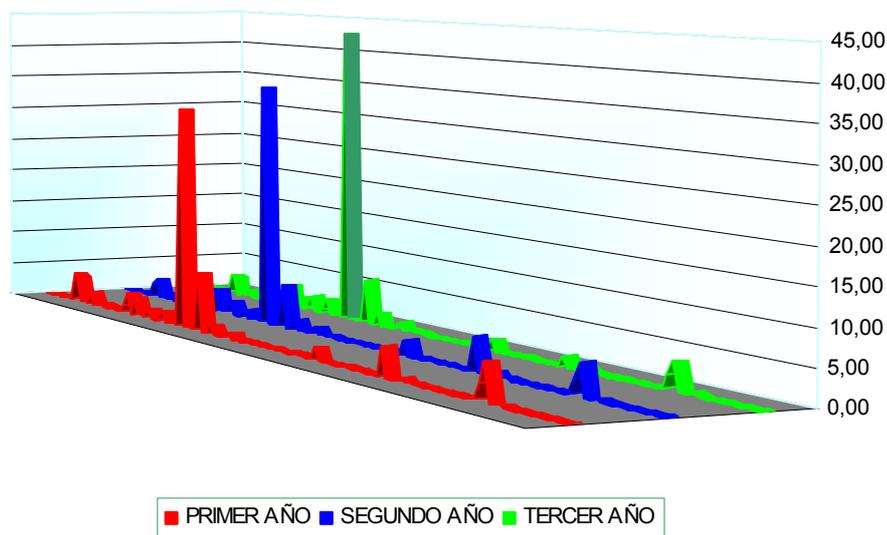
## 2.2. Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos por destilación-extracción simultáneas (*Likens-Nickerson*)

Los resultados se han expresado teniendo en cuenta tanto la intensidad de recolección a que han sido sometidos los cultivos de *S. lavandulaefolia* ssp *oxyodon*, como los tres años en que el cultivo de la misma ha sido sometido a estudio.

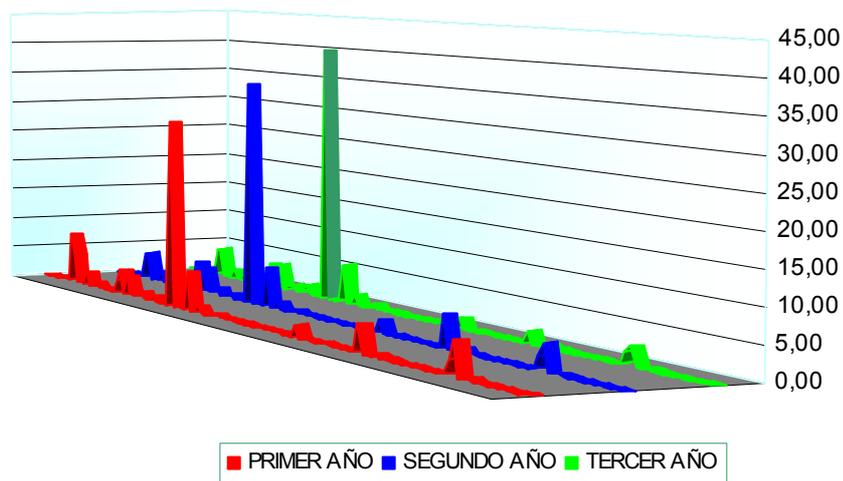
### 2.2.1. Incidencia del nivel de poda en la composición del producto extractivo

En las tablas 13, 14 y 15 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas) y gráficas 9, 10 y 11 se presentan los resultados conseguidos mediante análisis CG-EM de los extractos obtenidos con la aplicación del método de destilación-extracción simultáneas al material vegetal procedente de los tres niveles de poda aplicados en el trabajo de campo de esta memoria de tesis.

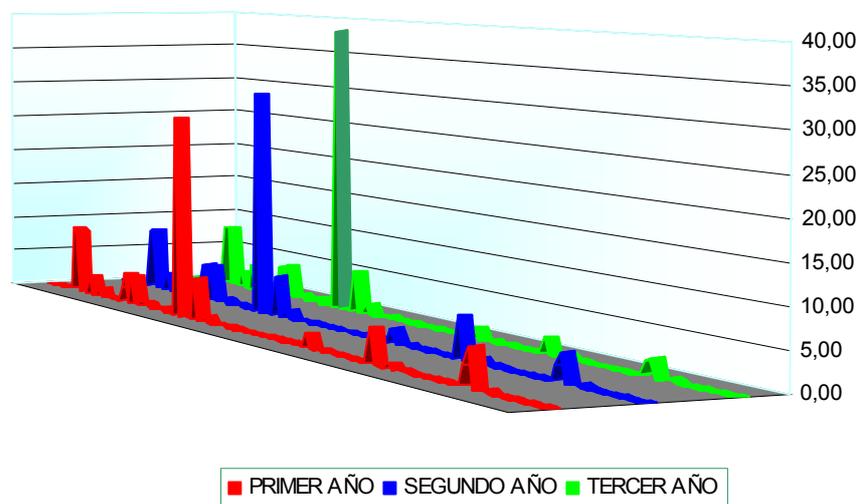
Gráfica 9. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Poda 25%.



Gráfica 10. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Poda 50%.



Gráfica 11. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Poda 75%.

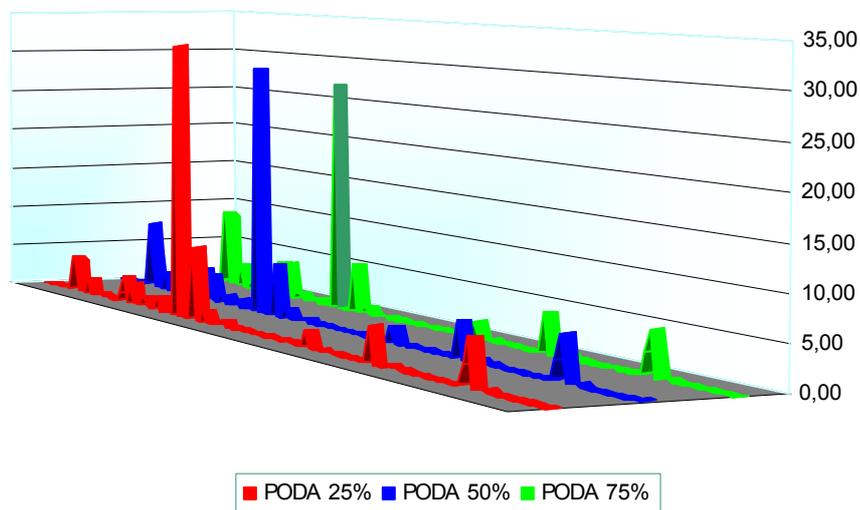


Tal y como se puede observar, el alcanfor sigue siendo el componente mayoritario con concentraciones superiores en estos productos extractivos a las de los aceites esenciales obtenidos mediante el proceso de hidrodestilación.

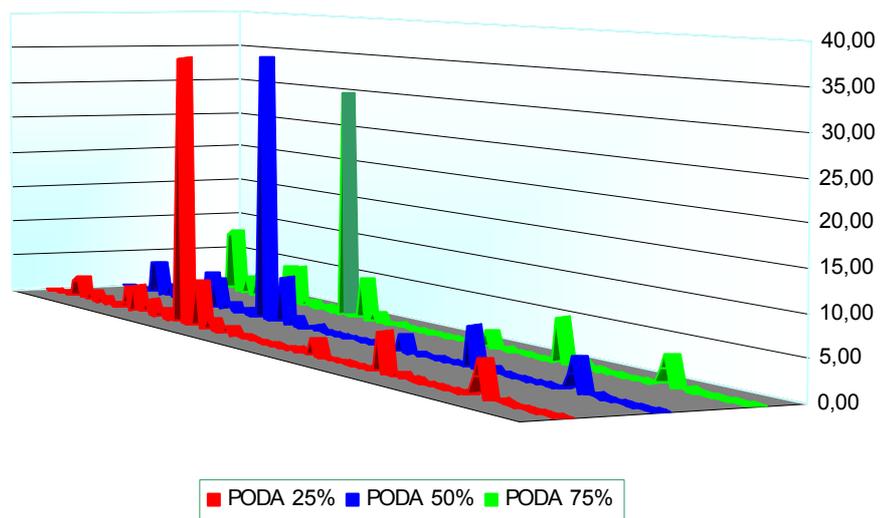
### 2.2.2. Incidencia del año de cultivo en la composición del producto extractivo

Al igual que en el caso de la hidrodestilación, se han confeccionado tablas [16, 17 y 18 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas)] y gráficas (12, 13 y 14) en las que los datos se presentan teniendo en cuenta como criterio fundamental el año de cultivo. Esta disposición de los datos, al igual que en el caso de la hidrodestilación, facilita la detección de la posible influencia en la composición del producto extractivo de los niveles de poda a lo largo de la experiencia.

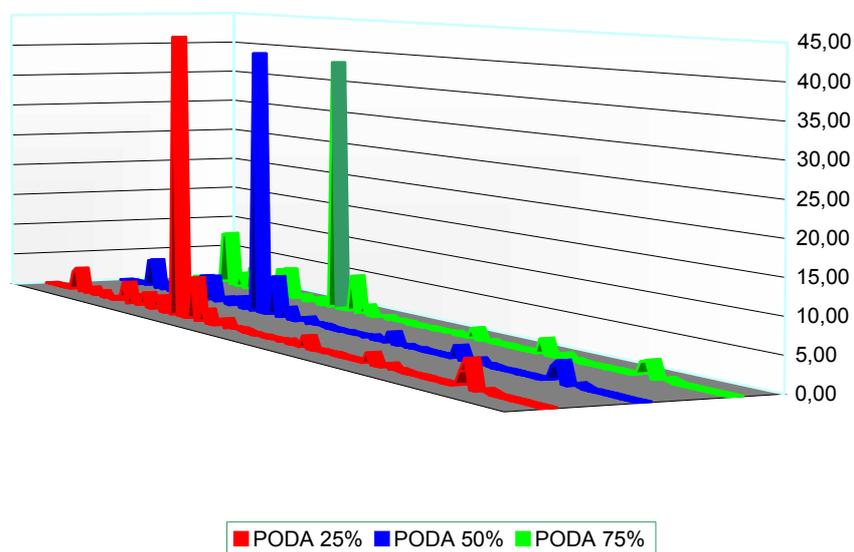
Gráfica 12. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Primer año.



Gráfica 13. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Segundo año.



Gráfica 14. Método extractivo DES. Perfiles cromatográficos:  
Tercer año.



### 2.3. Análisis cuali y cuantitativo (CG-EM) de los productos extractivos obtenidos mediante fluidos supercríticos (CO<sub>2</sub>)

En el caso de la extracción mediante fluidos supercríticos, ésta tan sólo se pudo aplicar, por razones técnicas, al nivel de poda del 50% del segundo año de cultivo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 19 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas).

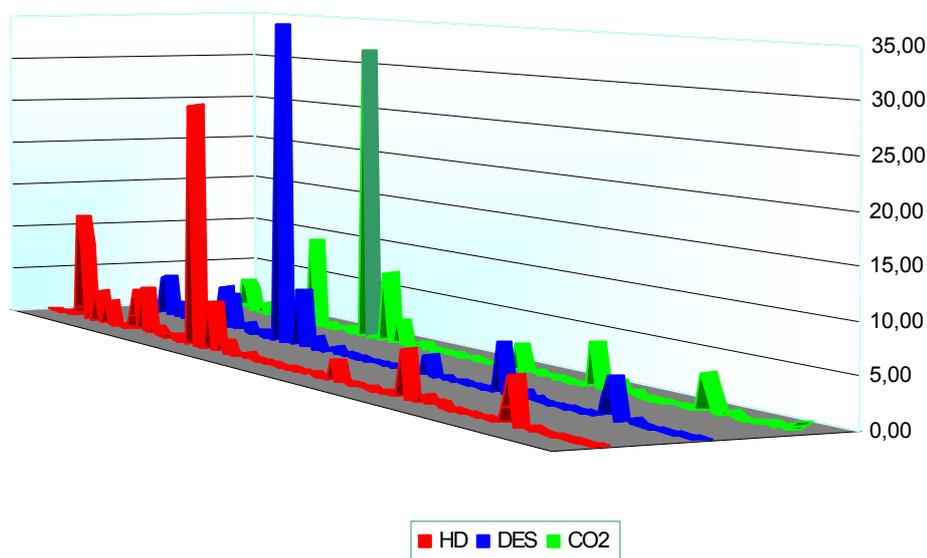
Al igual que en los otros dos procesos extractivos, y con una riqueza intermedia, se mantiene el alcanfor como componente mayoritario. Por otra parte, en el producto extractivo procedente de la extracción con CO<sub>2</sub> se han detectado en mayor proporción que en los productos procedentes de los otros dos procesos extractivos, compuestos derivados del núcleo del abietano. Además, tal y como se

puede observar en la tabla 19, entran a formar parte de su composición, a diferencia de lo que ocurre con HD y DES, diversos ésteres de ácidos grasos.

#### 2.4. Análisis comparativo de los productos extractivos obtenidos con los tres procedimientos de extracción aplicados

Uno de los objetivos planteados en la presente Memoria de Tesis Doctoral es el correspondiente al posible establecimiento de la bondad de cada uno de los métodos extractivos aplicados, la cual estaría en relación con la composición de los mismos. En los cromatogramas 5, 7 y 8, la tabla 20 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas) y la gráfica 15 se recogen los resultados correspondientes a los análisis cromatográficos realizados sobre los productos extractivos procedentes de la aplicación de los tres métodos de extracción sobre el material vegetal obtenido de la poda del 50% del segundo año de cultivo.

Gráfica 15. Perfiles cromatográficos comparativos de los tres métodos extractivos (Poda 50 %-Segundo año).



### 3. PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y MATERIA SECA

Se obtuvo una producción media de materia seca referida a los cuatro años, de 468, 722 y 633.2 kg x ha<sup>-1</sup>, para los niveles de poda del 25%, 50% y 75%, respectivamente (Gráfica 16, foto 5).

Gráfica 16. Producción de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>)

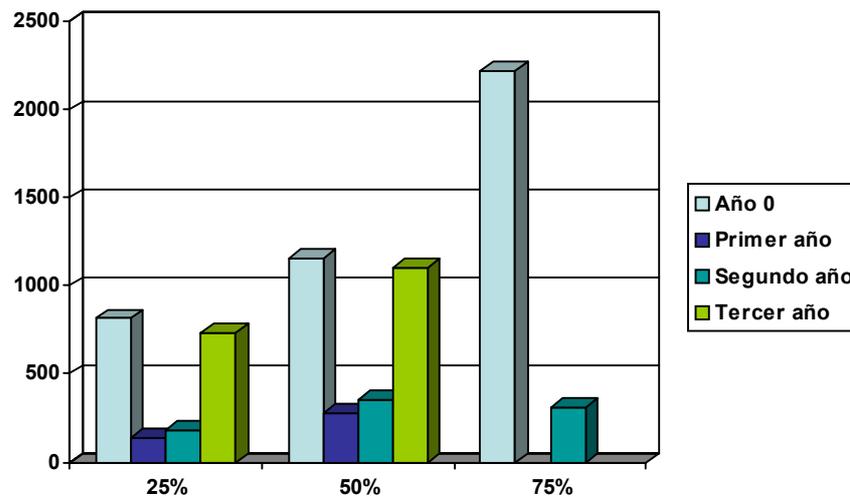


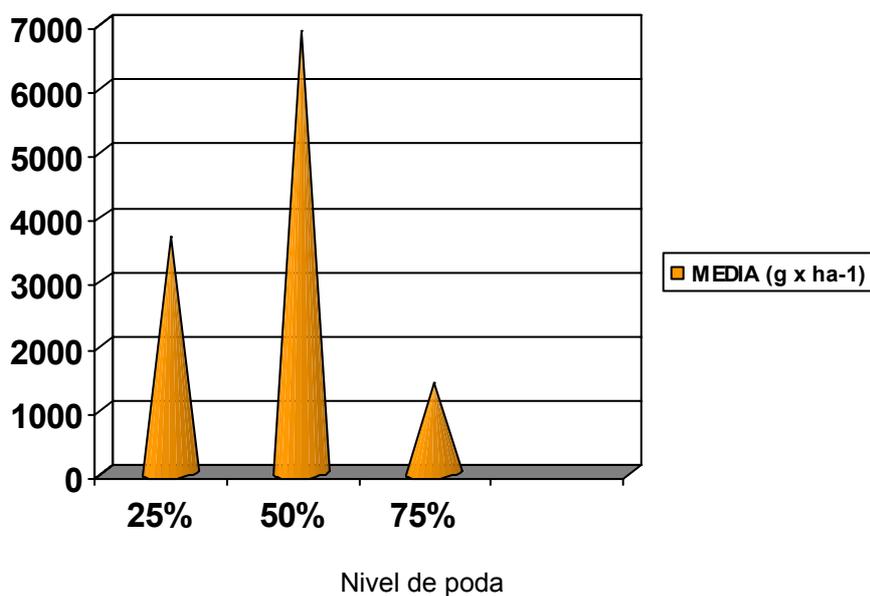
Foto 5. Parcelas con distintas intensidades de recolección

#### 4. RELACIÓN ENTRE NIVELES DE PODA Y PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL

La gráfica 17 muestra la media de la producción trienal de aceite esencial ( $\text{g x ha}^{-1}$ ) para cada uno de los tres niveles de poda aplicados.

Los resultados que se expresan en la gráfica 17 han sido obtenidos a partir de los datos correspondientes a los rendimientos en aceite esencial de cada uno de los niveles de poda, durante los tres años de realización del estudio [tabla 5 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas)], y de los relativos a la producción de materia seca expresada en  $\text{kg x ha}^{-1}$  [tabla 21 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas), gráfica 16].

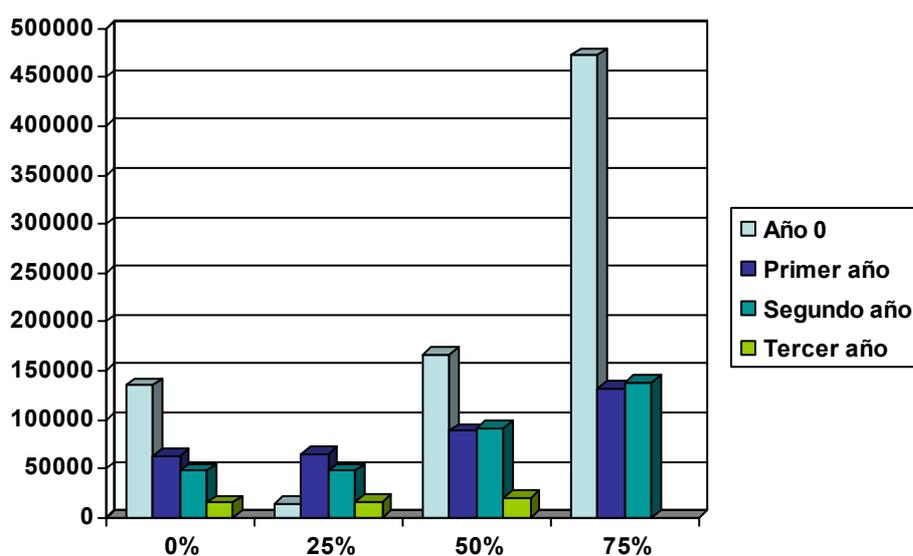
Gráfica 17. Relación entre niveles de poda y producción de aceite esencial



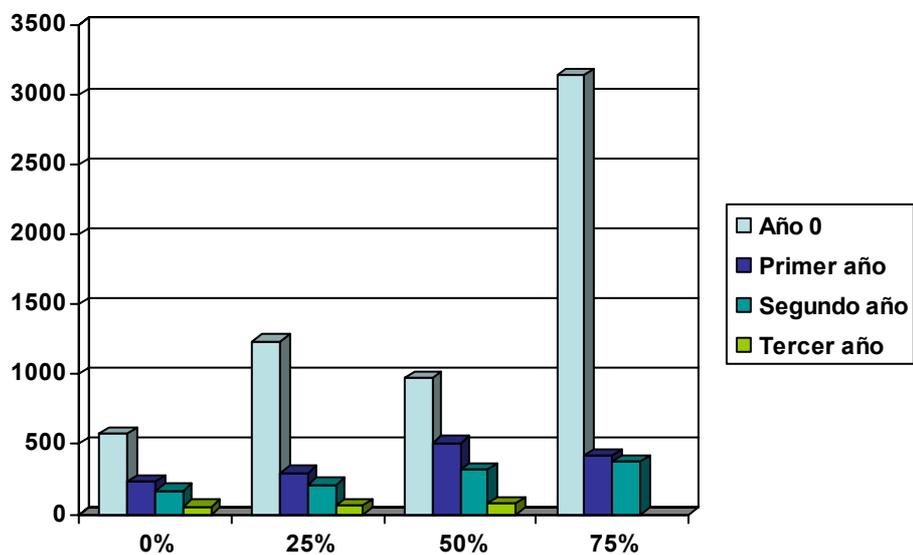
## 5. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EROSIÓN

En la tabla 22 (ver Apéndice de cromatogramas y tablas) y en las gráficas 18 y 19 se expresan los principales parámetros relativos a la evaluación de la erosión en relación, por una parte, con los caudales de precipitación durante el año cero, previo al inicio del estudio, y los años 1, 2 y 3, y por otra, con los tres niveles de poda a que fueron sometidos los cultivos de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, así como con la parcela control, sobre la que no se practicó poda alguna. Los resultados obtenidos permiten apreciar la influencia de cada uno de los tres niveles de poda aplicados sobre el proceso erosivo.

Gráfica 18. Escorrentía superficial ( $l\ ha^{-1}$ )



Gráfica 19. Pérdida de suelo (kg ha<sup>-1</sup>)



# DISCUSIÓN

---



## 1. RENDIMIENTO EN ACEITE ESENCIAL

Los rendimientos en aceite esencial de los ejemplares cultivados de *Salvia lavandulaefolia* se encuentran comprendidos entre el 1 y el 1,65%. Dicho valor se incrementa al aplicar un nivel de poda más intenso, de tal forma que durante el primer año de estudio, los rendimientos obtenidos mediante HD presentan, entre cada uno de los tres niveles de poda considerados, una diferencia aproximada del 20%. Sin embargo, estas diferencias se reducen según los cultivos avanzan en el tiempo, ya que en el tercer año de cultivo suponen sólo un 10%. Lógicamente, el producto extractivo obtenido con CO<sub>2</sub> queda excluido de toda esta consideración.

El mayor descenso (11,3%) dependiente del tiempo de cultivo corresponde al nivel de poda más drástico, mientras que cuando se aplica el nivel de poda del 25%, los rendimientos no sólo no descienden, sino que en el caso de la hidrodestilación experimentan un ligero incremento (4%). Este hecho podría ser atribuido, al menos en parte, a una cierta dificultad de recuperación del vegetal cuando es sometido a una poda radical.

Este comportamiento de incremento según intensidad de la poda y de avance en el proceso de cultivo, es homogéneo con independencia de que el proceso aplicado al material vegetal sea el de hidrodestilación o el de destilación-extracción simultáneas, si bien en todos los casos el mayor rendimiento en producto extractivo corresponde al segundo de los métodos citados.

Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento en aceite esencial son concordantes con los obtenidos con anterioridad (Crespo et al., 1986) por este grupo de investigación. En comparación con otras subespecies de *S. lavandulaefolia*, el contenido en aceite esencial de la subespecie objeto de estudio (ssp. *oxyodon*), es superior al obtenido con la ssp. *blancoana*, mientras que en relación con las subespecies *vellerea* y *lavandulaefolia*, se puede considerar que el rendimiento en aceite esencial de nuestra subespecie es equiparable a los valores intermedios de

*vellerea* y *lavandulaefolia*, ya que éstas presentan unos contenidos en aceite esencial comprendidos entre 0,7 y 2,7%, en el caso de la *vellerea* (Marcos et al., 1986) y 0,9-3,0%, cuando la subespecie considerada es la *lavandulaefolia* (Marcos et al., 1986) (ver tabla 3).

En relación con otros miembros de este género, *S. lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* puede ser considerada como una especie con riqueza intermedia en aceite esencial, ya que al lado de algunas que presentan un pobre contenido en el mismo, como es el caso de *S. multicaulis* con un 0,1% v/p (Baser, 2002), otras, como *S. pomifera*, llegan a alcanzar un contenido en aceite esencial superior al 4% (Karousou et al., 1998b).

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

La caracterización del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia* o salvia española, se ha realizado a partir de los aceites esenciales obtenidos mediante la aplicación del proceso clásico de hidrodestilación sobre las muestras de los tres años de cultivo que se contemplan, correspondientes en todos los casos al nivel de poda del 75% de los individuos vegetales. La selección de dicho nivel se encuentra basada en el hecho de que, en términos generales, los recolectores de plantas aromáticas proceden a aprovechar el máximo de material vegetal, por lo cual la poda del 75% es la que más se aproxima al tipo de material empleado para la obtención industrial del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*. Igualmente, se han seleccionado los productos obtenidos mediante el proceso de hidrodestilación debido a que, desde un punto de vista totalmente ortodoxo, dichos productos son los considerados, en sentido estricto, como aceites esenciales (Real Farmacopea Española, 2002).

Para el establecimiento del perfil del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia* se ha procedido a realizar la media de los datos correspondientes a cada uno de los tres años en que ha sido cultivada la salvia (ver cromatogramas 1, 2 y 3; tabla 8).

La analítica cualitativa y cuantitativa llevada a cabo mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas ha permitido contrastar la similitud de nuestro perfil cromatográfico con el recogido como normalizado tanto en la norma española UNE 84310 como en la norma internacional ISO/FDIS 3526:2004 (E). Mediante esta analítica se ha detectado la presencia de 90 componentes en el aceite esencial de *S. lavandulaefolia* (ver tabla 9). Entre los mismos destaca el alcanfor, con un contenido medio a lo largo de estos tres años del 23,67%, seguido del  $\alpha$ -pineno, cuyo valor medio alcanza el 15,62%. Dentro del grupo de monoterpenos no oxidados a los que pertenece el  $\alpha$ -pineno destaca también la presencia de canfeno (10,08%), limoneno (4,44%),  $\beta$ -pineno (3,22%), mirceno (2,40%) y p-cimeno (2,28%), acompañados de pequeñas cantidades de otros hidrocarburos monoterpénicos, tales como  $\gamma$ -terpineno,  $\alpha$  y  $\beta$ -felandreno, sabineno, triciclono, terpinoleno,  $\beta$ -ocimeno, etc.

El aceite esencial de *S. lavandulaefolia* presenta, igualmente, una riqueza apreciable en derivados monoterpénicos oxidados, entre los que cabe citar en primer lugar al eucaliptol (5,53%) borneol (4,45%) y su acetato (1,55%), terpinen-4-ol (0,97%), linalol (0,93%),  $\alpha$ -terpineol (0,40%) y otros derivados oxidados presentes en cantidades menos significativas (trans-sabineno hidrato, isoborneol, mentol, etc.). Otro grupo de compuestos bien representados en el aceite esencial de *S. lavandulaefolia* es el correspondiente a los derivados sesquiterpénicos, entre los cuales el mayoritario es el viridiflorol con una riqueza del 4,29%, seguido por el  $\beta$ -cariofileno (3,91%), óxido de cariofileno (2,32%),  $\alpha$ -humuleno (0,79%) y humuleno epóxido, acompañados de una amplia cohorte de otros sesquiterpenos presentes en pequeñas cantidades.

Se puede afirmar que, a pesar de las variaciones cuantitativas que sufren los componentes principales del aceite esencial de *S. lavandulaefolia* de un año a otro, dicho aceite esencial ofrece un perfil caracterizado, en primer lugar, por la presencia mayoritaria del alcanfor como componente principal, acompañado por el

$\alpha$ -pineno en un significativo segundo lugar. En cuanto a los grupos más relevantes en el aceite esencial de *S. lavandulaefolia*, los monoterpenos oxidados alcanzan el 40,2% del total de esta esencia, mientras que los monoterpenos no oxidados representan el 42% de la misma. En tercer lugar aparecen los derivados sesquiterpénicos con una presencia del 12,1%.

Los tres grupos citados, hidrocarburos monoterpénicos, derivados oxidados de los mismos y compuestos sesquiterpénicos, constituyen el 94,3% del total de la esencia de *S. lavandulaefolia*. A pesar de su escasa presencia, hay que destacar la detección en el aceite esencial de compuestos correspondientes a los diterpenos, como es el caso del abietadieno y del abietatrieno, en consonancia con lo previamente descrito por Guillén y Manzano (1999).

El perfil de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* sometida a cultivo, puede ser considerado como muy similar al mostrado por dos de las subespecies del género (*lavandulaefolia*, *vellerea*), debido a que en ambas el componente mayoritario es el alcanfor, acompañado por cantidades apreciables de  $\alpha$ -pineno y otros hidrocarburos monoterpénicos no oxidados, no presentando coincidencia de perfil con la subespecie *blancoana*, cuya composición difiere del resto de las otras subespecies de *S. lavandulaefolia*, ya que su componente mayoritario es el  $\beta$ -pineno, acompañado por el derivado sesquiterpénico  $\beta$ -cariofileno (Marcos et al., 1986) (ver tabla 3).

Y, si bien se puede considerar que el conjunto de subespecies de *S. lavandulaefolia* (con la excepción de ssp. *blancoana*) conforman un grupo homogéneo en cuanto a la composición cuali y cuantitativa de sus aceites esenciales, no se puede decir lo mismo en relación con otras especies del género *Salvia* de las que se tiene conocimiento de la composición de su aceite esencial (*S. officinalis*, *S. sclarea*, *S. fruticosa*, *S. pomifera*, *S. multicaulis* y *S. hydrangea*), ya que se puede hablar de un primer grupo en el que destaca la presencia de ambas tuyonas ( $\alpha$  y  $\beta$ ), en el que estarían incluidas *S. officinalis* y *S. pomifera* (Tsankova et al., 1994; Miladinovic et al., 2000; Karousou et al., 2000); de un segundo grupo, rico en  $\alpha$  y  $\beta$ -

pineno y en eucaliptol formado por *S. fruticosa* y *S. multicaulis* (Skoula et al., 2000; Tepe et al., 2003), si bien para Baser (2002) esta última especie podría incluirse en el mismo grupo que *S. sclarea*, especie que destaca por su contenido en linalol y acetato de linalilo (tercer grupo) (Ronyai et al., 1999; Hudaib et al., 2001); por otra parte, *S. hydrangea* (Ghannadi et al., 1999) posee como componente mayoritario al óxido de cariofileno (cuarto grupo).

En consecuencia, *Salvia lavandulaefolia* (con excepción de la subespecie *blancoana*), constituiría por sí sola un quinto grupo, caracterizado por la presencia mayoritaria de alcanfor y pinenos, mientras que la subespecie *blancoana* podría ser considerada como un caso particular dentro de este quinto grupo, ya que, si bien sus componentes mayoritarios son también los pinenos y el alcanfor, los valores que alcanzan los primeros superan ampliamente a este último, encontrándose acompañados de una apreciable concentración de  $\beta$ -cariofileno (ver tabla 2).

Una vez establecido el perfil del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*, cabe establecer las variaciones que sufre dicho perfil en función de:

- 1) Diferentes años en que se ha procedido al cultivo de la especie para cada nivel de poda.
- 2) Distintos niveles de poda a que ha sido sometida en cada uno de los tres años de cultivo.

## **2.1. Variaciones del perfil del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia* en función a los niveles de poda**

### **2.1.1. Nivel de poda 75%**

Las variaciones experimentadas en el contenido de los distintos componentes del aceite esencial de salvia española durante los tres años en que ha tenido lugar el desarrollo de las experiencias, en relación con el perfil previamente

establecido, se traducen, en el caso del nivel de poda máximo (75%), en una importante modificación del alcanfor, definido como componente mayoritario, ya que su contenido oscila entre el 15,83% del primer año de cultivo y 31,72% detectado en el tercer año de cultivo, cifra que dobla a la primera, siendo los valores del segundo año (23,45%) muy próximos a la media encontrada para los tres años considerados (ver tabla 8). Esta variación en el contenido en alcanfor no puede ser atribuida, a simple vista, a un descenso significativo en otros componentes con los que comparte vía metabólica, tales como borneol, isoborneol y sus sales (acetatos, formiatos, propionatos), todos ellos derivados, al igual que el alcanfor, del núcleo del bornano, los cuales experimentan una disminución en su contenido cuando se compara el primer año de cultivo con el tercero; esta variación negativa es en términos absolutos del 4,52%, por lo cual, si bien podría incidir en el incremento del contenido en alcanfor, no puede explicar por sí sola el ascenso del 15,9% en valores absolutos de dicho componente.

En cuanto a otros componentes con alta presencia en la esencia de *S. lavandulaefolia* como el  $\alpha$ -pineno (derivado del pinano), se observa una mayor concentración del mismo durante el primer año de cultivo de la especie que en los dos siguientes, si bien la desviación porcentual sobre la media de los tres años no es excesivamente marcada, puesto que los contenidos oscilan entre el 19,45 y el 13,08. Mucho más apreciables son las variaciones sufridas por otro monoterpeno no oxidado como es el caso del canfeno, de vía metabólica distinta a la del alcanfor y cuyas concentraciones sufren un significativo descenso entre el segundo y el tercer año, variaciones que prácticamente no afectan al  $\beta$ -pineno (derivado, al igual que el  $\alpha$ -pineno, del núcleo del pinano), cuya presencia se mantiene prácticamente constante durante los tres años de cultivo para el nivel de poda considerado.

En relación con otros hidrocarburos monoterpénicos no oxigenados, las variaciones sufridas a lo largo de los tres años en que *S. lavandulaefolia* ha sido sometida a cultivo, son de distinto tipo: mientras que compuestos tales como

mirreno,  $\alpha$ -felandreno,  $\alpha$ -terpineno,  $\gamma$ -terpineno, limoneno y terpinoleno, experimentan un ascenso en sus concentraciones a lo largo de los tres años de cultivo, otros como p-cimeno y  $\beta$ -felandreno ven disminuida su presencia.

Dentro de los derivados sesquiterpénicos, las variaciones experimentadas han sido igualmente de distinta índole: mientras que el  $\alpha$ -humuleno experimenta a lo largo de los tres años de la experiencia un incremento equivalente al 18%, acompañado por crecimientos en otros derivados sesquiterpénicos presentes en escasa cantidad, tales como viridifloreno,  $\beta$ -bisaboleno y  $\beta$ -germacreno, los sesquiterpenos más representativos (viridiflorol,  $\beta$ -cariofileno y óxido de cariofileno), sufren una importante disminución en sus concentraciones a lo largo de los tres años de cultivo.

En términos generales, se puede afirmar que el comportamiento de los tres grupos mayoritarios de compuestos que conforman el aceite esencial de *S. lavandulaefolia* correspondiente a la poda del 75% se encuentra perfectamente diferenciado: mientras que los HCMT aparecen en mayor cantidad en el segundo año de cultivo (42,31%) y alcanzan el mínimo en el tercer año (32,50%), los derivados monoterpénicos oxidados alcanzan su máximo en este tercer año, gracias fundamentalmente al espectacular ascenso del alcanfor, al tiempo que los sesquiterpenos ven disminuida su presencia en este último año en más del 60%.

### 2.1.2. Nivel de poda 50%

La comparación de los valores medios de los componentes del aceite esencial de *S. lavandulaefolia* correspondientes a los tres años de cultivo, con el perfil de aceite esencial establecido, pone de manifiesto la existencia de una serie de diferencias relativas tanto al aspecto cualitativo como al cuantitativo. Con respecto a las diferencias cualitativas, las más notables son las relativas a la detección en las esencias del nivel de poda del 50% de componentes no encontrados en las podas del

75%, tales como 2-metilbutirato de hexilo, dehidroabietal y dehidroabietol, si bien las concentraciones en que han sido detectados no modifican en forma significativa la composición del aceite esencial objeto de estudio (ver tabla 7).

Las diferencias encontradas entre ambos niveles de poda son más relevantes cuando se contempla el aspecto cuantitativo: en este sentido, cabe destacar en primer lugar el incremento en las concentraciones de alcanfor, principal componente del aceite esencial; el aumento en la proporción de alcanfor se encuentra acompañado por el de otros hidrocarburos monoterpénicos oxigenados, tales como eucaliptol, trans-sabineno hidrato,  $\alpha$ -canfonelal, borneol, terpinen-4-ol, p-cimen-8-ol,  $\alpha$ -terpineol, trans-carveol, geraniol y acetato de bornilo. En lo que se refiere a los hidrocarburos monoterpénicos no oxigenados, el único componente que aparece en mayores proporciones en los aceites procedentes de la poda del 50% en relación con la del 75% es el (*Z*)- $\beta$ -ocimeno, al tiempo que disminuye la presencia de  $\alpha$  y  $\beta$ -pineno, mirceno, p-cimeno y limoneno. El resto de hidrocarburos monoterpénicos presenta concentraciones similares a las detectadas para las podas del 75%.

En el caso de los derivados sesquiterpénicos, se observa el incremento del principal representante de este grupo, el viridiflorol, así como del viridifloreno y el  $\alpha$ -farneseno, descendiendo las proporciones de otros sesquiterpenos tales como  $\beta$ -cariofileno y su óxido,  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -curcumeno.

Cuando se contemplan en conjunto los tres principales grupos de compuestos (monoterpenos, derivados oxidados de monoterpenos y sesquiterpenos), se observa que, a diferencia de lo que acontece en el caso de la poda del 75%, los hidrocarburos monoterpénicos tienen perfectamente definido su máximo en el primer año de cultivo, decreciendo en forma paulatina en los años siguientes; ha de tenerse en cuenta que los contenidos en este tipo de compuestos son superiores para la poda del 50%, con excepción del 2º año de cultivo. Los derivados oxidados de los monoterpenos se comportan de manera similar en ambos tipos de poda, es decir,

experimentan un claro crecimiento desde el principio del cultivo hasta el final de la experiencia, si bien en el caso de la poda del 50% tanto el porcentaje de partida como el del tercer año son superiores a los obtenidos con la poda más drástica. En relación con los sesquiterpenos, se puede afirmar que el tiempo transcurrido sobre los ejemplares cultivados se traduce en una variación similar a la que se observó con la poda del 75%, es decir, se produce una significativa disminución en la presencia cuantitativa de este tipo de compuestos, sin que las diferencias entre ambas podas sean muy notables.

### 2.1.3. Nivel de poda 25%

Al igual que en el caso del nivel de poda del 50%, se detectan diferencias, más cuantitativas que cualitativas, entre los aceites esenciales obtenidos con el material vegetal correspondiente a la poda mínima del 25% y la poda máxima del 75%. Entre las diferencias cualitativas cabría destacar la presencia en las esencias de la poda del 25% de acetato de sabinilo y del 2-metil butirato de hexilo, no detectados en la poda del 75%, y la ausencia del  $\alpha$ -bisabolol, presente en el nivel de poda del 75% (ver tabla 6).

En el caso de la composición cuantitativa, las diferencias son mucho más marcadas, sobre todo en lo concerniente al alcanfor, ya definido como principal componente del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*, cuya concentración experimenta una importante subida, cercana al 20%, en los tres años considerados; el borneol, relacionado biosintéticamente con el alcanfor, experimenta un claro descenso en su contenido entre el primer y el segundo año, manteniéndose estable durante el último año. En cuanto a otros derivados oxidados de menor importancia cuantitativa que los citados, cabe señalar que, en términos generales, experimentan un crecimiento en sus concentraciones, siendo particularmente interesante el caso del terpinen-4-ol, compuesto cuya concentración se mantuvo prácticamente invariable a lo largo de los tres años en la poda del nivel del 75% y que para la poda

del 25% duplica su contenido en el tercer año de cultivo. Distinto comportamiento se observó también en el caso del  $\alpha$ -terpineol, el cual, a diferencia de lo que ocurre con la poda de referencia (75%), experimenta un crecimiento, en lugar de ver disminuido su contenido conforme transcurren los años de cultivo.

El  $\alpha$ -pineno, principal hidrocarburo monoterpénico no oxidado, presenta un valor medio en la poda del 25% que es inferior a la del 75%. Cuando se tienen en cuenta los valores individuales anuales, se observa que dicha disminución (50%) es mucho más marcada para los dos últimos años de cultivo. Otros hidrocarburos monoterpénicos con menor presencia en la poda del nivel del 25% en relación con la tomada como patrón (media del nivel de poda del 75%) son:  $\alpha$ -tuyeno, canfeno, sabineno,  $\beta$ -pineno, mirceno, p-cimeno y  $\gamma$ -terpineno.

El viridiflorol, principal representante del grupo de los sesquiterpenos, ve su contenido medio incrementado en la poda del 25%, destacando particularmente el porcentaje alcanzado en el último año de cultivo, casi tres veces superior que el detectado en ese mismo año para el nivel de poda del 75%. Igualmente, se aprecian ascensos en otros componentes sesquiterpénicos, tales como allo-aromadendreno, y viridifloreno, mientras que en el caso de los tres derivados del cariofileno (isocariofileno,  $\beta$ -cariofileno y óxido de cariofileno) descienden sus contenidos, conjuntamente con los del  $\alpha$ -humuleno, cis- $\alpha$ -bergamoteno y  $\beta$ -curcumeno.

En cuanto a la suma de concentraciones del total de hidrocarburos monoterpénicos presentes en la esencia de *S. lavandulaefolia*, correspondiente a la poda del 25%, cabe destacar que la mayor variación, en relación con la poda de nivel 75%, corresponde al segundo año de cultivo, con una modificación a la baja del 25%, mientras que en los otros dos años de cultivo, las variaciones observadas son de escasa importancia.

Algo bien distinto ocurre con los derivados oxidados de los hidrocarburos monoterpénicos, puesto que en todos los casos se produce un claro incremento de los mismos, llegando a superar ampliamente el 50% de la composición del aceite

esencial de *S. lavandulaefolia* correspondiente al material vegetal del tercer año de cultivo.

El grupo de los derivados sesquiterpénicos contenidos en los aceites esenciales del nivel de poda del 25% sufre, al igual que en la poda del 75%, una disminución en sus contenidos, siendo los mínimos los correspondientes al tercer año de cultivo. Sin embargo, los valores de los tres años considerados ofrecen entre sí menores variaciones que las observadas para la poda del 75%, presentando sobre esta última en el tercer año de cultivo un incremento que alcanza el 30%, debido fundamentalmente a los mayores niveles de viridiflorol.

La consideración conjunta de los tres niveles de poda realizados y de los tres años en que se ha desarrollado el cultivo de ejemplares de *S. lavandulaefolia*, pone de manifiesto, en forma destacada, el particular comportamiento del alcanfor, principal componente en todos los casos de los aceites esenciales de la salvia de España: según se desprende de los datos obtenidos, el contenido en alcanfor se ve afectado tanto por el nivel de poda como por la maduración de los ejemplares vegetales, dado que el mayor contenido en el citado componente es el correspondiente al mínimo nivel de poda (25%) del tercer año de cultivo, obteniéndose en este sentido mejores resultados que los derivados de la adición de abonos nitrogenados y fósforos (Piccaglia et al., 1989).

Estos resultados hablan a favor, por una parte, de la mayor capacidad de la fracción foliar del material vegetal en la síntesis del alcanfor y, de otra, de la posibilidad de que la maduración/envejecimiento de *Salvia lavandulaefolia* favorezca las rutas biosintéticas implicadas en la formación de dicho componente.

## **2.2. Variaciones del perfil del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia* en función a los años de estudio**

### **2.2.1. Primer año**

Las modificaciones experimentadas en el contenido de los distintos componentes del aceite esencial de *S. lavandulaefolia* sometida a los tres niveles de poda establecidos, en relación con el perfil previamente determinado, se traducen, en el caso del primer año, en una apreciable variación del alcanfor, definido en el perfil como el componente mayoritario, ya que su contenido oscila entre el 22,74% en el nivel de poda 25%, y 15,83% en el nivel de poda máxima (75%), siendo el valor correspondiente al nivel de poda intermedio (50%) de 16,91%. Esta variación en el contenido de alcanfor es paralela a la experimentada por otros componentes con los que comparte ruta metabólica, especialmente con el borneol, el cual sufre una clara disminución en su contenido cuando se compara el nivel de mínima poda con el de poda máxima; esta variación negativa es en términos absolutos del 3,74%, lo cual, unido al descenso de 6,91% en valores absolutos del alcanfor, nos induce a pensar que el mayor contenido en compuestos derivados del núcleo del bornano se encuentra en los apéndices florales de la salvia española.

En cuanto a otros componentes con alta presencia en la esencia como el  $\alpha$ -pineno, se aprecia un aumento muy ligero en la concentración en relación con el incremento del nivel de poda, con una desviación porcentual sobre la media de 2,19, ya que los contenidos varían entre 18,64% para el menor nivel de poda y 19,45% para la poda más exhaustiva. Algo similar ocurre con el canfeno, cuya concentración oscila entre 7,68% y 7,93%.

En relación con otros hidrocarburos monoterpénicos no oxigenados, las variaciones experimentadas en función de los tres niveles de poda establecidos son claramente positivas en el caso del p-cimeno, que aunque sufre un incremento en

términos absolutos de 1,39, duplica su contenido de 1,48% en el nivel de poda 25% a 3,87% en el nivel de poda 75%. En idéntica situación se encuentran sabineno (0,35% para nivel de poda 25% y 0,61% para nivel de poda 75%),  $\gamma$ -terpineno (0,16% para nivel de poda 25% y 0,72% para nivel de poda 75%) y mirceno (0,29% para nivel de poda 25% y 0,40% para nivel de poda 75%); mientras que compuestos tales como triciclono, (*Z*)- $\beta$ -ocimeno y (*E*)- $\beta$ -ocimeno disminuyen sus concentraciones al incrementarse el nivel de poda, y otros como  $\alpha$ -tuyeno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -felandreno,  $\alpha$ -terpineno, limoneno y  $\beta$ -felandreno las mantienen prácticamente constantes (ver tabla 10).

Respecto a los derivados sesquiterpénicos, si bien el total de los no oxigenados no experimenta importantes variaciones con respecto al perfil cromatográfico previamente establecido de *S. lavandulaefolia*, no ocurre lo mismo con los sesquiterpenos oxigenados, sobre todo en lo que se refiere al óxido de cariofileno, para el cual se observa un importante incremento entre el nivel de poda de 25% y el de 75%, pasando su concentración en el aceite esencial de 2,09% a 4,41%, lo que supone que duplica claramente su contenido; ello puede llevar a pensar que su presencia es más alta en hojas y tallos que en apéndices florales. En el caso de viridiflorol, si bien la concentración no presenta variaciones significativas entre los tres niveles de poda, no ocurre lo mismo con respecto al perfil cromatográfico, en relación con el cual se observa un incremento cercano al 50%.

### 2.2.2. Segundo año

Se aprecia una tendencia descendente en cuanto al contenido del alcanfor, componente mayoritario de nuestro aceite esencial, pasando de un 29,88% (nivel de poda 25%) a un 23,45% (nivel de poda 75%), muy próximo este último valor al establecido en el perfil cromatográfico (ver tabla 11). Esta tendencia a la baja se observa, en forma mucho más marcada, en el borneol derivado igualmente del

núcleo de bornano, puesto que en este caso la variación de su contenido supone una reducción del 50% entre la poda del 25% y la del 75%, lo cual habla a favor, como ya se apuntó anteriormente, de una mayor presencia de los derivados del bornano en la parte apical del vegetal.

En relación con los HCMT, como es el caso de  $\alpha$ -pineno, su contenido, si bien inferior al que registra el perfil cromatográfico, experimenta un incremento cercano al 40% entre los niveles de poda mínimo y máximo; para el canfeno, cuya presencia es inferior ( $\approx 20\%$ ) en los niveles de poda del 25 y del 50%, a la del perfil cromatográfico, se observa cómo aumenta su contenido con la intensidad de la poda (8,27-10,05%). Algo similar ocurre en el caso del mirceno, que pasa de 1,04% (nivel de poda 25%) a 2,99% (nivel de poda 75%). A diferencia de los casos anteriores, el limoneno ofrece un contenido prácticamente constante en sus tres niveles de poda, al tiempo que su concentración es similar a la de la esencia tipo (media de las tres podas del 75%).

En el caso de los componentes sesquiterpénicos, es llamativa la práctica ausencia de variación del óxido de cariofileno a lo largo de las tres podas, en contraposición con lo detectado para el primer año; por lo cual no se sostendría la idea antes recogida de una mayor abundancia de este compuesto en hojas y tallos que en flores. Por otra parte, en todos los niveles de poda, el óxido de cariofileno aparece en menor proporción que en el perfil cromatográfico. En relación al viridiflorol, su presencia disminuye conforme es mayor la intensidad de poda, pasando de 5,17% (nivel de poda 25%) a 4,06% (nivel de poda 75%). El  $\beta$ -cariofileno, presente igualmente en el aceite esencial de *S. lavandulaefolia* en cantidades apreciables, muestra una concentración constante en este segundo año de cultivo con independencia del nivel de poda aplicado, y discretamente superior a la fijada para el perfil.

### 2.2.3. Tercer año

Un estudio detenido de los valores medios de los componentes del aceite esencial correspondientes a los tres niveles de poda con respecto al perfil de aceite esencial establecido, pone de manifiesto la existencia de una serie de diferencias más relacionadas con aspectos cuantitativos que con los cualitativos. Quizá la mayor de las diferencias corresponda a la disminución progresiva del componente mayoritario de la esencia, el alcanfor, al ir incrementando el nivel de poda desde el 25% hasta el 75%, con una variación de este componente de 38,08% hasta 31,72% (ver tabla 12). Algo parecido ocurre con el borneol, que disminuye su contenido de 6,01% en la poda del 25% a 3,28% en la de nivel 75%. Estos valores, unidos a los resultados de los años anteriores, nos vuelven a hacer pensar en una mayor concentración de este componente en las sumidades floridas del vegetal.

Con respecto a los hidrocarburos monoterpénicos, y de forma parecida a años anteriores, se producen incrementos en las cantidades de algunos de ellos, como es el caso de  $\alpha$ -pineno, que pasa de 9,64% en la poda del 25% a 14,32% en la poda del 75%; algo parecido sucede con el canfeno, cuyo incremento es de 9,61% a 12,27%, desde la poda de 25% a la de 75%, y con el mirceno, que pasa de 1,21% en la poda de 25% a 3,80% en la del 75%. El limoneno una vez más presenta un contenido prácticamente constante en los tres niveles de poda, y muy cercano al de la esencia patrón.

En el caso de los sesquiterpenos, el óxido el cariofileno muestra una ligera variación a la baja al aumentar la intensidad de poda, y en todos los casos muy por debajo del perfil cromatográfico. Se repite la disminución del viridiflorol, que pasa de 5,02% en el nivel de 25% a 1,82% para el nivel de 75%. El  $\beta$ -cariofileno presenta una disminución significativa en los tres niveles de poda, respecto a las concentraciones de los años anteriores y al propio perfil de la esencia.

### 3. COMPOSICIÓN DE LOS DISTINTOS PRODUCTOS EXTRACTIVOS

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el relativo a la diferencia de composición que pueden presentar los distintos productos obtenidos a partir de *Salvia lavandulaefolia*, según los distintos métodos extractivos aplicados. La discusión se plantea con el objeto de poder establecer si entre los procesos extractivos (hidrodestilación, destilación-extracción simultáneas y extracción con fluidos supercríticos) empleados en esta memoria de Tesis Doctoral, existen diferencias apreciables en lo que se refiere tanto a composición cualitativa y cuantitativa del producto obtenido, como a rendimiento en el mismo.

Teniendo en cuenta el hecho de que, por dificultades técnicas, tan sólo se ha podido proceder a realizar la extracción con fluidos supercríticos con el material correspondiente a la poda del 50% del segundo año de cultivo, los estudios comparativos antes mencionados (rendimiento y composición cuali y cuantitativa), se han realizado sobre los productos obtenidos a partir de dicho material vegetal.

En lo que se refiere a rendimientos, se observan (tabla 5) claras diferencias en cuanto al porcentaje de productos obtenidos mediante la aplicación de la DES y de la extracción con CO<sub>2</sub>, en comparación con el rendimiento en aceite esencial obtenido mediante el método clásico de hidrodestilación: mientras que los valores para este último han sido de 1,19%, en el caso de DES es algo superior (1,33%), correspondiendo el más alto valor en cuanto a rendimiento en producto extractivo (3,48%) al obtenido mediante fluidos supercríticos, de tal forma que casi triplica el observado en el caso de la hidrodestilación.

Estas diferencias en cuanto a rendimiento pueden ser atribuidas, en el caso de la destilación-extracción simultáneas, al empleo de sales (estearato magnésico en nuestro caso) que disminuyen la solubilidad en agua de los componentes aromáticos más hidrofílicos (Bartsch & Hammerschmidt, 1993).

En relación con las diferencias en rendimiento entre HD y CO<sub>2</sub>, las

particulares características de este último método determinan, tal y como se comentó anteriormente (Xu & Zheng, 2004), el que se produzca, debido al incremento del poder de solvatación, una mayor recuperación de componentes polares y una mejor extracción de compuestos pesados.

### 3.1. Destilación-extracción simultáneas *versus* hidrodestilación

Los resultados obtenidos en los análisis realizados mediante CG-EM de los productos extractivos procedentes de la destilación-extracción simultáneas (DES), correspondientes al nivel de poda del 50%, muestran la presencia, si bien en bajas cantidades, de distintos compuestos no detectados cuando el proceso extractivo fue el de hidrodestilación. Estos compuestos pertenecen, en términos generales, a un grupo de derivados oxidados de naturaleza no terpénica caracterizados por su bajo peso molecular, entre los que cabe citar al 1-octen-3-ol, metilheptenona, octanal, p-metilacetofenona, decanal, 2-metilbutirato de hexilo, acetato de linalilo, así como al isobutirato de geranilo (ver tabla 20).

Por otra parte, en los productos extractivos obtenidos mediante la aplicación de este método de destilación-extracción simultáneas (DES), no se ha detectado la presencia de algunos componentes derivados terpénicos, como es el caso de canfenilona, acetato de sabinilo, (*E,E*)- $\alpha$ -farneseno, abietadieno, dehidroabietol y dehidroabietal, los cuales entran a formar parte, aunque en baja proporción en todos los casos, de la mayoría de los aceites esenciales procedentes de hidrodestilación.

Además de estas diferencias de tipo cualitativo entre los productos obtenidos por DES e hidrodestilación, cabe señalar la existencia de importantes variaciones de tipo cuantitativo que presentan distintos componentes, entre las que destaca la relativa al alcanfor, principal componente de los aceites esenciales de *Salvia lavandulaefolia*, cuyo contenido es marcadamente superior en el caso de la destilación-extracción simultáneas. En lo que se refiere a otros derivados terpénicos

oxigenados, al comparar los dos métodos extractivos se observan distintos comportamientos: mientras que el borneol, relacionado biosintéticamente con el alcanfor, mantiene unas concentraciones similares en ambos métodos al igual que el linalol, el isoborneol y formiato de isobornilo descienden con respecto a la hidrodestilación y el acetato de bornilo ve incrementada su presencia. Igualmente, se detectan mayores cantidades de otros derivados monoterpénicos oxidados tales como trans-sabineno-hidrato, p-cimen-8-ol y geraniol y un descenso en las concentraciones de eucaliptol.

En relación con los hidrocarburos monoterpénicos presentes en el producto obtenido mediante DES, se aprecia un importante descenso del más significativo de todos ellos, el  $\alpha$ -pineno, cuya concentración desciende en un 60%. Se observa un comportamiento similar en el caso del canfeno, sabineno,  $\beta$ -pineno y mirceno.  $\alpha$ -Terpineno y p-cimeno también experimentan una reducción apreciable, y de igual modo desciende el  $\alpha$ -tuyeno, aunque en este último caso la concentración presente en ambos procesos no es en ningún caso significativa.

En cuanto a los derivados sesquiterpénicos viridiflorol y óxido de cariofileno, principales representantes de este grupo en el AE de *S. lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, mientras viridiflorol disminuye levemente su concentración en la DES, el óxido de cariofileno presenta un discreto incremento en relación con la concentración del proceso de hidrodestilación, y de forma parecida se comporta el espatulenol.

En relación con los datos correspondientes a la totalidad de los componentes incluidos en cada uno de los grupos considerados (hidrocarburos monoterpénicos, derivados oxidados de éstos y sesquiterpenos), se observa que, en el caso de los hidrocarburos monoterpénicos, su cifra es inferior a la obtenida para el proceso extractivo de hidrodestilación. Este dato se encuentra en consonancia con el hecho de que en el proceso de destilación-extracción simultáneas los compuestos menos polares son extraídos en menor medida que cuando se aplica la

hidrodestilación (Baerheim Svendsen & Merckx, 1990; Lee, 1989).

### 3.2. Extracción con fluidos supercríticos *versus* hidrodestilación

Las diferencias cualitativas observadas entre el análisis del producto extractivo obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos respecto a la hidrodestilación, muestran la presencia de compuestos no detectados en el proceso de destilación por arrastre con vapor de agua, como allo-aromandedreno, acetovanillona, isovalerianato de nerilo, cariofiladienol, jasmonato de metilo, y una serie de ésteres etílicos de ácidos grasos saturados e insaturados como ácido mirístico, ácido palmítico, ácido linoléico y ácido esteárico, cuyos porcentajes oscilan entre 0,06-0,43%. Todos estos componentes corresponden, en general, al grupo de derivados oxidados, y por tanto de naturaleza polar, y algunos con un peso molecular elevado.

Por otra parte, no se detectan productos tales como trans-2-hexenal, salveno,  $\delta$ -3-careno, mentol, butirato de hexilo, criptona, acetato de sabinilo, tiglato de hexilo y cis-jasmona, todos ellos presentes en el aceite esencial obtenido por hidrodestilación, aunque en bajas proporciones en todos los casos (ver tabla 20).

Pero lo realmente destacable en la comparación de ambos métodos extractivos es la gran diferencia cuantitativa en algunos de los componentes comunes: así, una de las más significativas la encontramos en el alcanfor, cuyo contenido, al igual que en la destilación-extracción simultáneas, es claramente mayor que el obtenido con hidrodestilación. Lo mismo ocurre con el borneol, eucaliptol y acetato de bornilo; y en menor medida con isoborneol, terpinen-4-ol, p-cimen-8-ol,  $\alpha$ -terpineol, y la mayoría de los derivados monoterpénicos oxigenados. Otros de ellos, como el trans-sabineno hidrato, descienden con respecto a la hidrodestilación.

En cuanto a los hidrocarburos monoterpénicos presentes en el producto

extractivo obtenido mediante extracción con CO<sub>2</sub>, todos experimentan un brusco descenso, siendo especialmente marcado en el caso del  $\alpha$ -pineno, que pasa de 11,83% en la hidrodestilación a 3,40% en la extracción con CO<sub>2</sub>. Algo parecido sucede con el canfeno,  $\beta$ -pineno, mirceno, limoneno y, en general, con todos los componentes del aceite esencial caracterizados por bajo peso molecular y ausencia de oxígeno en su molécula.

En relación a los derivados sesquiterpénicos, mientras algunos hidrocarbonados como  $\beta$ -cariofileno mantienen su concentración en ambos procesos extractivos, otros como  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -curcumeno la incrementan.

Y entre los principales representantes del grupo de los oxigenados, mientras óxido de cariofileno pasa de 1,55% en el caso de la hidrodestilación a 3,67% en el proceso con CO<sub>2</sub>, otros como viridiflorol descienden de forma llamativa de 4,63% en hidrodestilación a 1,83% en la extracción con fluidos supercríticos.

Los derivados oxigenados diterpénicos dehidroabietal y dehidroabietol, aunque presentes en forma muy reducida en el proceso de hidrodestilación, experimentan un claro incremento en la extracción con fluidos supercríticos, pasando en el caso de dehidroabietol de 0,04% a 1,12%.

Al observar los datos correspondientes a la totalidad de los componentes en cada uno de los grupos establecidos, (hidrocarburos monoterpénicos, derivados oxidados de éstos, sesquiterpenos y derivados, y derivados diterpénicos), se vuelve a observar, al igual que en el comparativo de DES frente a hidrodestilación, una cantidad bastante menor de los hidrocarburos monoterpénicos a la obtenida mediante hidrodestilación, a la vez que hacen aparición determinados componentes de elevado peso molecular, considerable polaridad, y difícil disolución en disolventes de tipo acuoso.

### 3.3. Destilación-extracción simultáneas *versus* extracción con fluidos supercríticos

Estas dos técnicas extractivas muestran una importante coincidencia en el nivel de recuperación de dos de los principales componentes del aceite esencial de *S. lavandulaefolia*, alcanfor y  $\alpha$ -pineno. Las principales diferencias en cuanto a capacidad extractiva se refieren a la mayor recuperación mediante DES, en términos generales, de los hidrocarburos monoterpénicos no oxigenados (canfeno, limoneno, p-cimeno), caracterizados por su bajo peso molecular y por su baja polaridad. En relación con los compuestos de mayor polaridad, mientras que el alcanfor y, sobre todo, el viridiflorol, experimentan una mejor recuperación cuando se aplica la DES, en el caso de otros derivados polares como el eucaliptol, borneol y terpinen-4-ol, el proceso extractivo mediante fluidos supercríticos se muestra más ventajoso; esto impide que se pueda afirmar, en términos generales, que la destilación-extracción simultáneas sea más rentable en la recuperación de componentes polares, a diferencia de lo expresado por otros autores (Xu & Zheng, 2004). Igualmente, la extracción con CO<sub>2</sub>, se muestra más eficaz que la DES en la recuperación de los componentes de mayor peso molecular, como son los derivados del abietano y distintos ésteres de ácidos grasos, debido probablemente a la escasa o nula volatilidad de estos compuestos, hecho que dificulta su extracción mediante un método en el que se combinan las características de volatilidad de los componentes de la mezcla, con su mayor o menor solubilidad en el disolvente seleccionado.

## 4. PROTECCIÓN DE SUELOS

En los cuatro años de duración del estudio, la precipitación ha oscilado entre los 345,1 mm del segundo año, y los 712,8 mm del año cero, al cual corresponden los valores más elevados del EI<sub>30</sub> de la USLE con un valor de 227,5 MJ x mm x ha<sup>-1</sup> x h<sup>-1</sup>, mientras que el menor valor de este parámetro (EI<sub>30</sub>, 71,1 MJ

x mm x ha<sup>-1</sup> x h<sup>-1</sup>) se obtuvo en el último año de la experiencia (ver tabla 22).

Un parámetro de indudable interés en el establecimiento del papel que pueden desempeñar las plantaciones de especies aromáticas en la protección de los suelos, es el relativo a la escorrentía. Los datos obtenidos a lo largo del desarrollo de nuestras experiencias muestran que los valores medios de escorrentía, expresados en l x ha<sup>-1</sup>, presentan importantes variaciones según el nivel de poda a que han sido sometidas las distintas parcelas de cultivo de *S. lavandulaefolia*. Así, mientras que el dato medio de escorrentía en la parcela control fue de 65.337 litros por hectárea, en el caso de la parcela sometida al nivel de poda del 75%, el valor medio de la escorrentía fue de 247.716 l x ha<sup>-1</sup>, que triplica holgadamente (3,8 veces superior) al correspondiente a la parcela control, no sometida a poda. Sin embargo, cuando el nivel de poda considerado es el del 50%, la escorrentía media, con respecto a la parcela control, tan sólo se multiplica por 1,4 (91.738 l x ha<sup>-1</sup>), siendo prácticamente similares los valores medios de escorrentía de la parcela sometida a poda del 25% y los de la parcela control.

En los valores de pérdida de suelo se han encontrado diferencias mayores, siendo la relación de 1,75, 1,82 y 5,07 veces mayor que la del 0%, respectivamente. A pesar de ello, los valores absolutos de pérdida de suelo pueden considerarse como admisibles, ya que con la poda mayor se obtienen pérdidas medias de suelo de 1.308 kg x ha<sup>-1</sup>, que corresponden con niveles bajos si los referimos a los citados por la mayoría de autores (Wischmeier & Smith, 1978; Mannering, 1981).

## **5. MATERIA VEGETAL**

Un punto importante a tener en cuenta es el relativo a la obtención de biomasa (tabla 21), para lo cual han de tenerse en consideración tanto los distintos años de duración de la experiencia como los distintos niveles de poda aplicados. Con el fin de disponer de un elemento inicial de comparación en cuanto a posibilidad de regeneración del vegetal en función a la poda aplicada, se procedió en el año

denominado “cero” a establecer los rendimientos en biomasa de individuos no sometidos con anterioridad a recolección. Los resultados obtenidos mostraron claramente que las cantidades de biomasa procedentes de cada una de las podas son directamente proporcionales al nivel de las mismas, de tal forma que el peso de material vegetal duplicó, en el caso de la poda del 50%, al obtenido con la poda del 25%, valor que fue triplicado cuando se aplicó la del nivel del 75%.

Los valores de biomasa han podido ser calculados durante la totalidad de los años de estudio en las parcelas correspondientes a las intensidades de recolección del 25% y del 50%, no así en el caso de la poda radical del 75%, en la que, aunque en el año cero se obtuvieron las producciones más elevadas, ( $3.960,4 \text{ kg x ha}^{-1}$ ), en el primer año de estudio no se dispuso de suficiente material para proceder a la realización del cálculo de la biomasa; la regeneración de los individuos vegetales permitió obtener en el segundo año  $565,7 \text{ kg x ha}^{-1}$ , si bien en el tercer año, al igual que en el primero, el grado de regeneración fue muy bajo, permitiendo tan sólo recolectar la cantidad de material imprescindible para la realización de los análisis cromatográficos. La producción anual media, correspondiente a los cuatro años, ha sido de 776, 1.581 y  $1.131 \text{ kg x ha}^{-1}$  referidos respectivamente al 25, 50 y 75% del total de la parte aérea de la planta recolectada.

En lo que se refiere a la capacidad de regeneración del vegetal, los datos relativos a la biomasa obtenida a partir de las podas del 25% y del 50% son indicativos de una discreta recuperación de los individuos para el primer y segundo año de estudio, que sin embargo alcanza el 91% y el 98%, respectivamente, en el tercer año del ensayo. Este alto grado de regeneración podría estar justificado, al menos parcialmente, por las cifras correspondientes a las precipitaciones anuales (tabla 22), correlacionándose la baja pluviosidad con la escasa regeneración del vegetal. Algo bien distinto ocurre cuando se aplica el nivel de poda del 75%, dado que tras la poda del año 0 la regeneración fue tan escasa que, en el primer año, tan sólo se pudo proceder, como ya se ha indicado anteriormente, a recolectar el mínimo

imprescindible (150 g) para atender a las necesidades de extracción y análisis.

En el segundo año de la experiencia se observa una muy discreta recuperación (14,3%) en relación al año 0, que vuelve a ser prácticamente nula en el tercer año, y ello con independencia del incremento de pluviosidad que se produjo en este último año del estudio. Estos datos son por sí mismos indicativos de la no conveniencia de proceder a podas severas sobre ejemplares de *Salvia lavandulaefolia* subespecie *oxyodon*.

En relación al porcentaje de materia seca, los resultados obtenidos muestran que los menores valores (46%) corresponden, en todos y cada uno de los años sometidos a estudio, al material procedente de la poda del 50%, siendo muy similares entre sí los relativos a los niveles de poda mínimo y máximo (60% y 56% respectivamente). Estos hechos podrían justificarse por la particular morfología de *S. lavandulaefolia*, especie de bajo porte, cuyas ramas tienden a extenderse horizontalmente, siendo más leñosas las basales que las situadas en niveles superiores, presentando espigas florales prácticamente exentas de hojas. Estas características morfológicas determinan que el material vegetal procedente de la poda del 50%, con un mayor contenido relativo en hojas que el correspondiente al nivel de poda del 25%, constituido prácticamente por los escapos florales, se caracterice por un mayor contenido en agua; por otra parte, el mayor grado de humedad que presenta la poda del 50% en relación a la poda drástica (75%), puede ser debido a que en este último caso el material vegetal presenta una mayor abundancia de tallos, muchos de ellos leñosos y, por tanto, con un menor contenido en agua.

Consecuentemente con los datos relativos a biomasa y con las mínimas variaciones observadas en los valores porcentuales de materia seca, la producción de esta última referida a  $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$  experimenta, dentro de cada nivel de poda, modificaciones similares a las ya detalladas para la biomasa. Obviamente, debido al mayor contenido en humedad de la poda del 50%, su producción de materia seca por

---

unidad de superficie es proporcionalmente inferior a las de los niveles de poda del 25% y del 75% (14% y 10% respectivamente).

## **6. RELACIÓN ENTRE INTENSIDAD DE PODA Y PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL**

Considerando conjuntamente el rendimiento en aceite esencial y los valores de materia seca a lo largo de los tres años del estudio, se observa que los valores más altos de producción de aceite esencial por hectárea de cultivo corresponden a la poda del 50%, tanto si se tiene en cuenta el año 0 como si éste se elimina del cálculo (gráfica 17). Estos resultados cobran especial importancia si además se toman en consideración los datos obtenidos en los parámetros definitorios del efecto protector de la especie sobre el suelo, es decir, la escorrentía y la pérdida de suelo: tomando como valor 1 el correspondiente a la escorrentía de la parcela control (no sometida a poda), se observa que este valor, que no sufre prácticamente variación en el caso de la poda del 25%, tan sólo alcanza el 1,40 en el caso del nivel de poda 50%, frente al 3,79 en el de la poda radical (75%) (tabla 22). Por otra parte, si se atiende a un aspecto tan relevante como es el de la pérdida de suelo, los resultados obtenidos muestran que existe una escasa diferencia entre los dos niveles de poda más conservadora, al tiempo que para la poda del 75% los valores de pérdida de suelo son 5 veces superiores a los de la parcela control. La evaluación global de estos factores, relacionados íntimamente con los niveles de poda aplicados, en unión de la producción de aceite esencial por unidad de superficie para cada uno de dichos niveles de poda, permite apreciar que la poda del 50% ofrece importantes ventajas sobre las otras dos aplicadas en la recolección de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon*, puesto que a la máxima producción de aceite esencial, añade un buen comportamiento en cuanto a la escorrentía y la prevención de pérdida de suelo.

Con los resultados obtenidos en producción de biomasa anual y en protección de suelo, se puede concluir que la intensidad de recolección

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

---

recomendable, para esta especie y en estas condiciones edafoclimáticas, es la del 50%. Hay que tener en cuenta que la estructura aérea de esta planta, de porte rastrero, permite una buena protección del suelo incluso con valores elevados de recolección.

# **CONCLUSIONES**

---



1. El rendimiento en aceite esencial se incrementa conforme se procede a una mayor intensidad de poda. Las diferencias disminuyen según aumenta la edad de los individuos vegetales.
2. El aceite esencial de *S. lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* presenta un perfil cromatográfico coincidente con el recogido tanto en la norma española UNE 84310 como en la norma internacional ISO/FDIS 3526:2004 (E).
3. Se ha detectado la presencia de 90 componentes en este aceite. A pesar de las variaciones cuantitativas que sufren los componentes principales del aceite esencial de *S. lavandulaefolia* de un año a otro, éste se caracteriza por la presencia mayoritaria del alcanfor, seguido del  $\alpha$ -pineno. Los resultados obtenidos indican que el alcanfor se acumula en las sumidades floridas del vegetal.
4. La composición del aceite esencial de *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* permite proponer para dicha subespecie, en unión de las subespecies *vellerea* y *lavandulaefolia*, el establecimiento de un grupo homogéneo y perfectamente diferenciado dentro del género *Salvia*.
5. El mayor rendimiento en producto extractivo en *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* corresponde a la extracción mediante fluidos supercríticos, y el menor rendimiento al método clásico de hidrodestilación. La composición de los distintos productos extractivos se ha visto afectada por el proceso aplicado.

6. *S. lavandulaefolia*, debido a su morfología de carácter rastrero, supone una eficaz protección del suelo, pudiendo ser utilizada como especie para el control de la escorrentía y del transporte de sólidos.
7. Hasta los niveles de poda del 50% se obtiene una producción de biomasa sostenible durante los años del estudio. Teniendo en cuenta la producción de biomasa anual y la protección de suelo, se puede concluir que la intensidad de recolección recomendable, para esta especie y en estas condiciones edafoclimáticas, es la del 50%.
8. Dada su excelente adaptación a nuestras condiciones ecológicas y su interés esencial, *Salvia lavandulaefolia* ssp. *oxyodon* puede ser recomendada como cultivo alternativo para su implantación en áreas con posibles cambios de uso de suelos agrícolas.

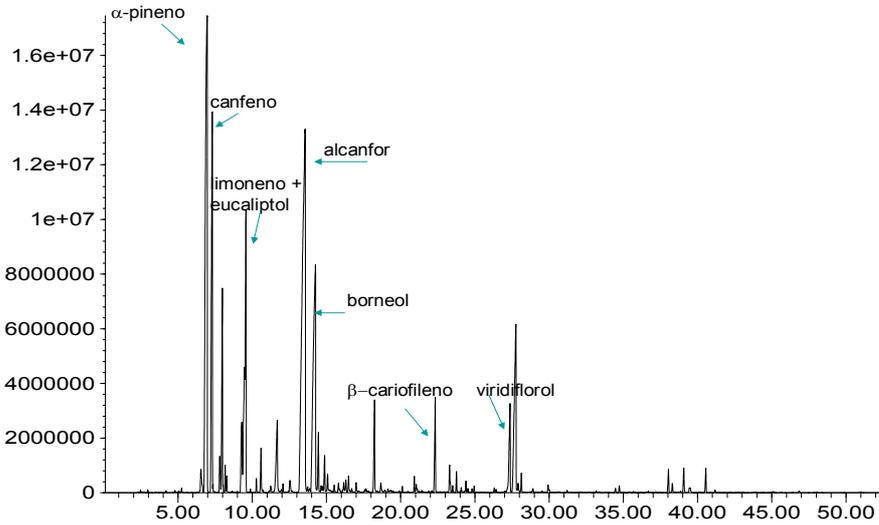
# **APÉNDICE**

## **CROMATOGRAMAS Y TABLAS**

---



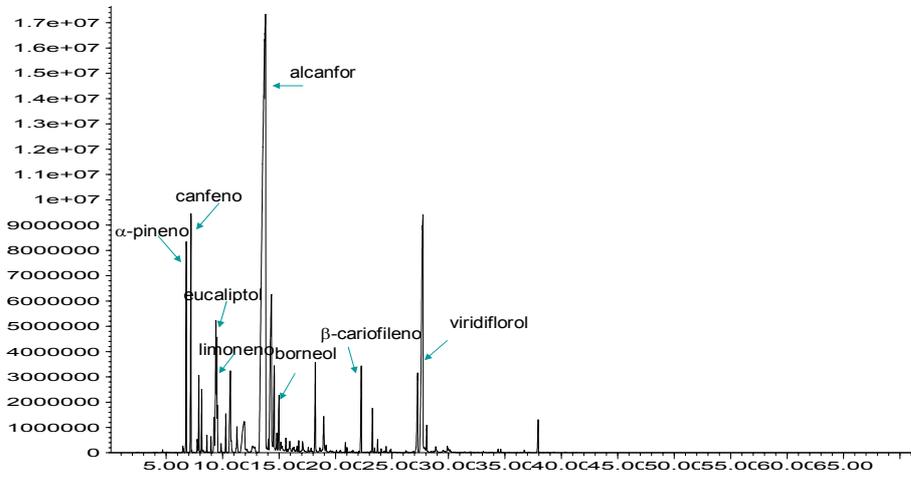
Abundance



Time-->

**Cromatograma 1.** Primer año. Poda 75%. Hidrodestilación

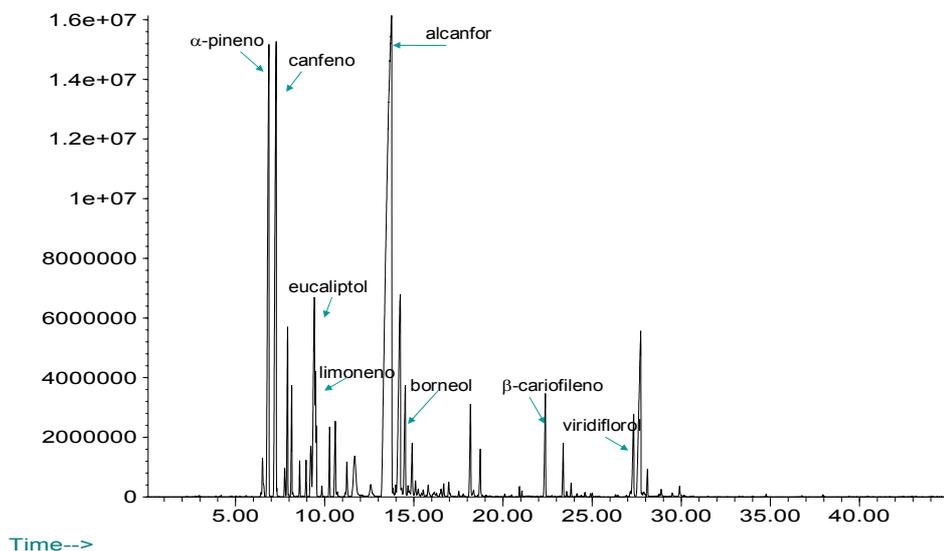
Abundance



Time-->

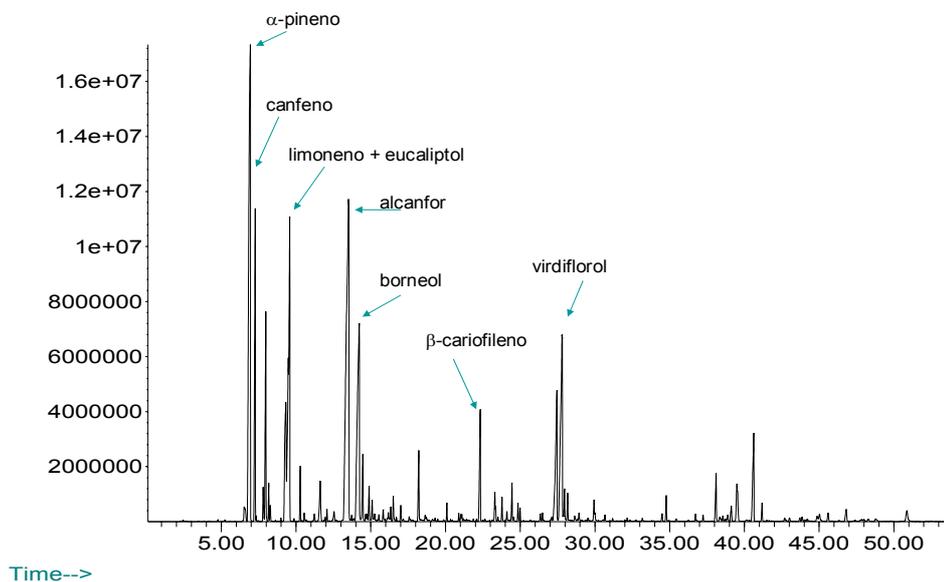
**Cromatograma 2.** Segundo año. Poda 75%. Hidrodestilación

Abundance

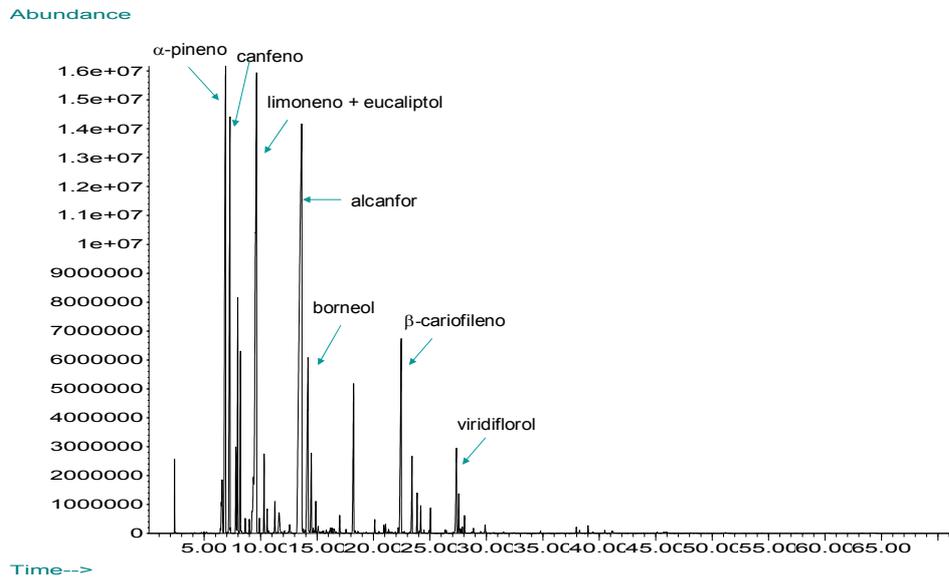


**Cromatograma 3.** Tercer año. Poda 75%. Hidrodestilación

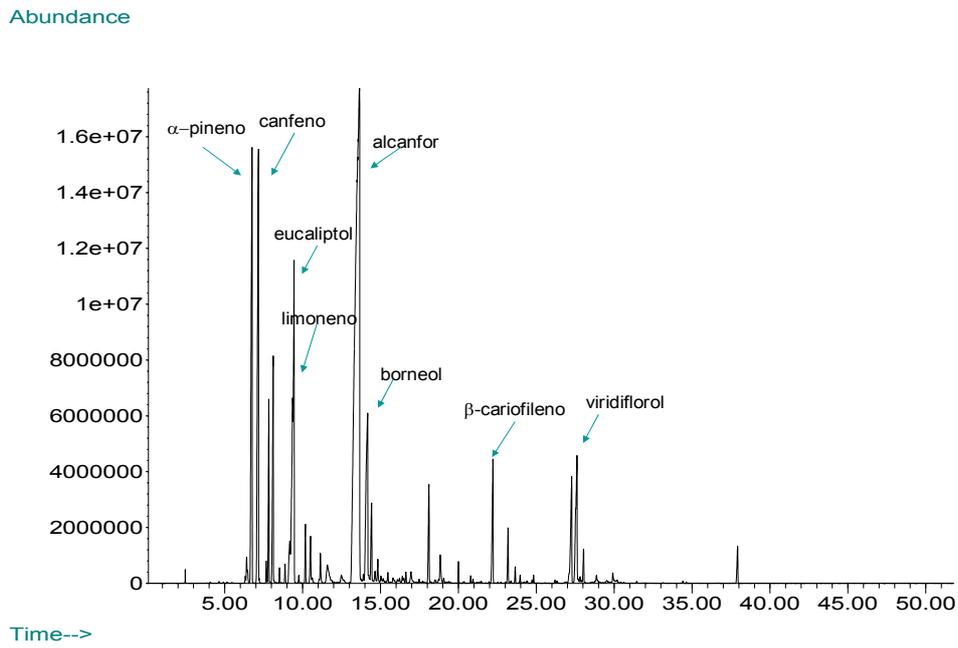
Abundance



**Cromatograma 4.** Primer año. Poda 50% Hidrodestilación

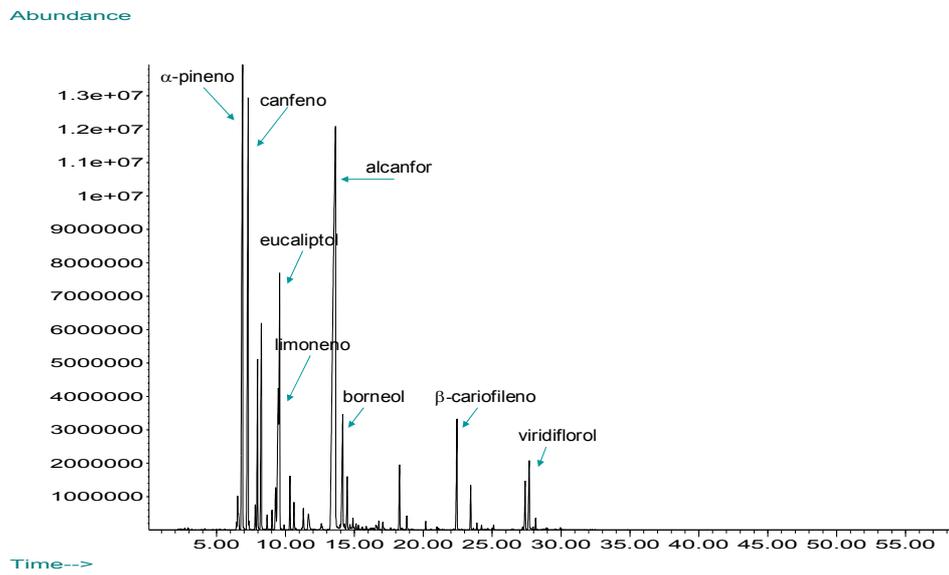


**Cromatograma 5.** Segundo año. Poda 50%. Hidrodestilación

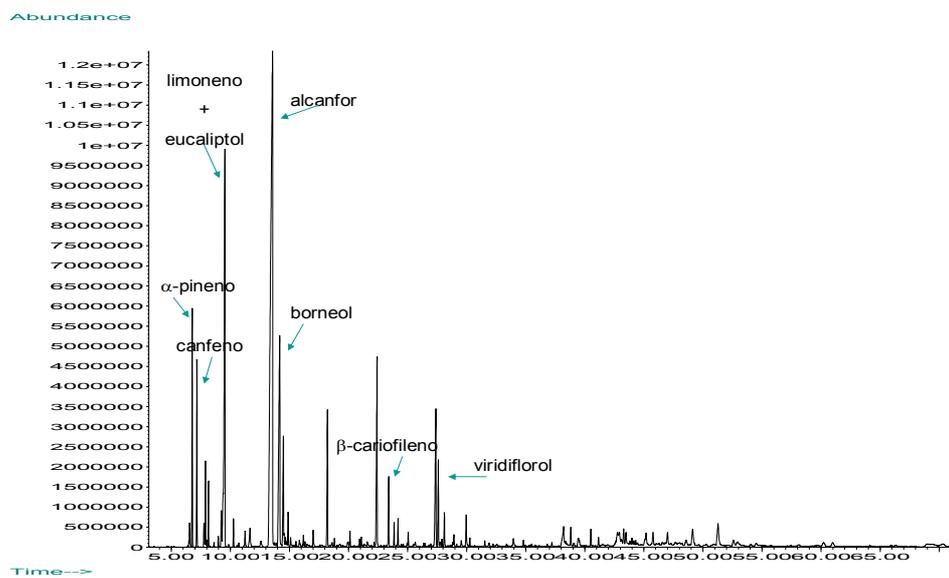


**Cromatograma 6.** Tercer año. Poda 50%. Hidrodestilación.

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.



**Cromatograma 7.** Segundo año. Poda 50%. Destilación-extracción simultáneas



**Cromatograma 8.** Segundo año. Poda 50%. Extracción con CO<sub>2</sub>.

**Tabla 5.** Rendimiento en producto obtenido según método extractivo, nivel de poda y año de cultivo.

Método extractivo	PRIMER AÑO			SEGUNDO AÑO			TERCER AÑO		
	Nivel de poda			Nivel de poda			Nivel de poda		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%
<b>HD</b>	1,01	1,22	1,41	1,05	1,19	1,38	1,05	1,16	1,25
<b>DES</b>	1,13	1,48	1,65	1,15	1,33	1,51	1,16	1,32	1,42
<b>CO2</b>	-	-	-	-	3,48	-	-	-	-

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 6.** Método extractivo HD. Poda 25%.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
triciclono	0,41	0,24	0,43	0,36	0,10	28,95
$\alpha$ -tuyeno	0,22	0,71	0,21	0,38	0,29	75,27
$\alpha$ -pineno	18,64	9,44	9,64	12,57	5,25	41,78
canfeno	7,68	8,27	9,61	8,52	0,99	11,62
2,4(10)-tuyadieno	0,02	0,04	0,06	0,04	0,02	41,83
sabineno	0,35	0,95	0,35	0,55	0,35	62,89
1-octen-3-ol	0,01					
$\beta$ -pineno	3,06	3,04	2,04	2,71	0,59	21,65
3-octanona	0,06	0,09				
mirreno	0,29	1,04	1,21	0,85	0,49	57,48
3-octanol	0,24	0,04	0,05	0,11	0,11	101,21
$\alpha$ -felandreno	0,02	0,22	0,37	0,20	0,17	84,06
acetato de hexilo		t				
$\alpha$ -terpineno	0,04	0,28	0,40	0,24	0,18	77,05
p-cimeno	1,48	1,02	0,97	1,16	0,28	24,12
limoneno	3,08	4,24	4,63	3,98	0,81	20,23
$\beta$ -felandreno	0,51	0,30	0,21	0,34	0,16	45,75
eucaliptol	2,74	2,95	3,11	2,93	0,18	6,26
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,39	0,53	0,59	0,50	0,10	20,11
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,04	0,20	0,12	0,12	0,08	64,77
$\gamma$ -terpineno	0,16	0,74	0,82	0,57	0,36	62,43
trans-sabineno hidrato	0,67	0,75	0,99	0,80	0,16	20,37
óxido de linalol	0,03	0,08	0,06	0,06	0,03	45,77
canfenilona	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	58,00
terpinoleno	0,14	0,46	0,49	0,36	0,19	53,36
linalol	2,05	1,78	1,65	1,83	0,20	11,12
$\alpha$ -canfolenal	0,31	0,28	0,42	0,34	0,08	22,60
alcanfor	22,74	29,88	38,08	30,23	7,67	25,38
isoborneol	0,19	0,07	0,10			
trans-pinocanfona	0,05		0,03			
pinocarvona	0,06		0,15			
borneol	10,76	6,00	6,01	7,59	2,74	36,15
mentol		0,08	0,14			
terpinen-4-ol	1,00	1,95	2,05			
butirato de hexilo	0,10					
criptona	0,04		0,08			
p-cimen-8-ol	0,20	0,10	0,19	0,16	0,06	35,41
$\alpha$ -terpineol	0,61	0,70	0,86	0,72	0,13	17,91

Componentes	Año 1º	Año 2º	Año 3º	Media	Desviación estándar	% Desviación
salicilato de metilo	t					
mirtenol	0,35	0,15	0,25	0,25	0,10	40,05
verbenona	0,12	0,04	0,11	0,09	0,05	51,51
trans-carveol	0,23	0,10	0,25	0,19	0,08	43,88
nerol	0,05	0,05	0,07	0,06	0,01	14,37
formiato de isobornilo	0,28	0,08	0,14	0,17	0,10	61,99
cis-carveol	t					
2-metil butirato de hexilo	0,22					
isovalerianato de cis-3-hexenilo		0,09	0,06			
isovalerianato de hexilo	0,03					
neral	0,07	t	0,08			
aldehído cumínico	0,04	t	0,08			
carvona	0,07	0,04	0,20	0,10	0,08	80,41
carvotanacetona	t					
geraniol	0,09	0,30	0,24	0,21	0,11	51,79
acetato de linalilo	0,18					
geranial	0,05	0,06	0,08	0,06	0,02	25,82
aldehído perilla	t					
acetato de bornilo	1,65	2,00	1,53	1,73	0,25	14,22
acetato de sabinilo	0,04	0,12				
tiglato de hexilo	0,02	t				
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,09	0,11	0,04	0,08	0,04	47,44
eugenol	0,02	t	0,01			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	4,17
propionato de isobornilo	0,20	0,12	0,12	0,15	0,05	33,80
acetato de geranilo	0,18	0,18	0,06	0,14	0,07	49,23
caproato de hexilo	t					
$\beta$ -bourboneno	0,03	0,06	0,01	0,03	0,03	76,53
isovalerianato de bencilo	0,04	0,03				
cis-jasmona	0,02	0,04				
isocariofileno	0,02	0,03				
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,04					
$\beta$ -cariofileno	4,63	4,72	1,60	3,65	1,78	48,70
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	29,05
cumarina		t				
propionato de nerilo	0,02		0,01			
$\alpha$ -humuleno	0,48	0,50	0,70	0,56	0,12	21,73
allo-aromadendreno	0,11		0,07			
propionato de geranilo	0,28	0,57	0,15	0,34	0,21	63,82

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
ar-curcumeno	0,10	0,22	0,05	0,12	0,09	69,93
viridifloreño	0,07		0,07			
biclogermacreno	0,02		0,02			
$\beta$ -bisaboleno		0,03	0,04			
( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,06	t				
isobutirato de geranilo	0,09		t			
$\beta$ -curcumeno	t	0,01	t			
butirato de geranilo	0,07	t				
benzoato de cis-3-hexenilo		t				
benzoato de hexilo	0,03					
espatulenol	t	0,09	0,09			
óxido de cariofileno	2,09	1,56	1,52	1,72	0,31	18,21
viridiflorol	6,62	5,17	5,02	5,60	0,89	15,80
isovalerianato de geranilo	0,19					
humuleno epóxido	0,28	0,25	0,37	0,30	0,06	20,82
tiglato de geranilo		t				
abietatrieno	0,08	0,01	t			
abietadieno	0,04					
Total de componentes identificados	97,83	93,28	99,26	96,79	3,13	3,23

**Tabla 7.** Método extractivo HD. Poda 50%.

Componentes	Año 1º	Año 2º	Año 3º	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal		t				
trans-2-hexenal		0,02				
cis-3-hexenol		t				
hexanol		0,01				
salveno		t				
triciclono	0,20	0,37	0,49	0,35	0,15	41,62
α-tuyeno	0,29	0,99	0,30	0,53	0,40	75,97
α-pineno	18,89	11,83	11,81	14,18	4,08	28,79
canfeno	7,90	8,43	11,22	9,18	1,78	19,42
2,4(10)-tuyadieno	0,05	0,05	0,08	0,06	0,02	28,53
sabineno	0,51	1,22	0,44	0,72	0,43	59,64
1-octen-3-ol		t				
β-pineno	3,10	3,40	2,57	3,02	0,42	13,90
3-octanona	0,04	0,09				
mircenol	0,39	2,57	2,16	1,71	1,16	67,67
3-octanol	0,22	0,04	0,04	0,10	0,10	104,75
α-felandreno	0,02	0,18	0,29	0,16	0,13	81,30
acetato de hexilo		0,01				
δ-3-careno		t				
α-terpineno	0,03	0,22	0,36	0,20	0,17	81,42
p-cimeno	2,52	1,65	1,01	1,72	0,76	43,94
limoneno	3,66	4,58	4,66	4,30	0,56	12,97
β-felandreno	0,50	0,30	0,19	0,33	0,16	47,62
eucaliptol	3,11	6,00	6,50	5,20	1,83	35,15
(Z)-β-ocimeno	0,24	0,41	0,57	0,41	0,17	40,58
(E)-β-ocimeno	0,04	0,16	0,11	0,10	0,06	62,14
γ-terpineno	0,65	0,99	0,87	0,84	0,17	20,14
trans-sabineno hidrato	0,13	0,31	0,63	0,36	0,25	71,02
óxido de linalol	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	29,14
canfenilona	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	70,12
terpinoleno	0,14	0,44	0,47	0,35	0,18	52,14
linalol	1,42	0,64	0,74	0,94	0,42	45,38
acetato de 1-octen-3-ilo	0,03					
α-canfolenal	0,25	0,23	0,34	0,27	0,06	20,20
alcanfor	16,91	26,18	33,13	25,41	8,14	32,02
isoborneol	0,19	0,06	0,10	0,12	0,07	58,06
trans-pinocanfona	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	43,99
pinocarvona	0,06	0,05	0,15	0,09	0,05	64,13

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
borneol	7,97	5,14	4,18	5,76	1,97	34,16
mentol		0,07	0,13			
terpinen-4-ol	0,99	1,33	1,42	1,25	0,23	18,47
butirato de hexilo	0,02	0,03				
criptona	0,01	0,01	0,08	0,03	0,04	115,51
p-cimen-8-ol	0,13	0,09	0,15	0,12	0,03	27,01
$\alpha$ -terpineol	0,55	0,45	0,45	0,48	0,06	11,92
salicilato de metilo	t	t				
mirtenol	0,35	0,13	0,20	0,23	0,11	48,28
verbenona	0,12	0,03	0,08	0,08	0,05	57,22
trans-carveol	0,23	0,07	0,20	0,17	0,08	49,78
nerol	0,05	0,04	0,04	0,04	0,00	10,41
formiato de isobornilo	0,26	0,07	0,10	0,14	0,10	73,01
cis-carveol	t	t				
2-metil butirato de hexilo	0,21					
isovalerianato de cis-3-hexenilo		0,08	0,05			
isovalerianato de hexilo	0,04	0,03	0,04	0,04	0,00	11,35
neral	0,07	t	0,05			
aldehído cumínico	0,04	t	0,08			
carvona	0,07	0,03	0,19	0,10	0,08	85,41
carvotanacetona	0,01	t				
geraniol	0,09	0,28	0,24	0,20	0,10	50,34
acetato de linalilo	0,18					
geranial	0,05	0,06	0,07	0,06	0,01	18,49
aldehído perilla	0,03		0,07			
acetato de bornilo	1,64	1,99	1,50	1,71	0,25	14,69
acetato de sabinilo	0,01	0,03				
tiglato de hexilo	0,04	t				
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,12	0,16	0,05	0,11	0,06	52,37
eugenol	0,01	t	t			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	11,40
propionato de isobornilo	0,19	0,11	0,09	0,13	0,05	41,75
acetato de geranilo	0,10	0,12	0,06	0,09	0,03	36,98
caproato de hexilo	0,09	t				
$\beta$ -bourboneno	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	12,39
7-epi-sesquituyeno	0,03	0,06				
isovalerianato de bencilo	0,04	0,02				
cis-jasmona	0,01	0,02				
isocariofileno	0,03	0,02				

Componentes	Año 1º	Año 2º	Año 3º	Media	Desviación estándar	% Desviación
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	0,08				
$\beta$ -cariofileno	4,74	4,76	2,01	3,83	1,58	41,29
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	33,26
propionato de nerilo		0,02	0,03			
$\alpha$ -humuleno	0,58	0,75	0,77	0,70	0,11	15,17
allo-aromadendreno	0,08		0,04			
propionato de geranilo	0,24	0,52	0,14	0,30	0,20	66,36
ar-curcumeno	0,13	0,37	0,06	0,19	0,16	88,04
( <i>Z,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,55	0,05				
viridifloreño	0,08		0,06			
biciclogermacreno			t			
$\beta$ -bisaboleno		0,02	0,04			
( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,06	0,03				
isobutirato de geranilo	0,12		t			
$\beta$ -curcumeno	t	0,01	t			
butirato de geranilo	0,14	0,04				
benzoato de cis-3-hexenilo		t				
benzoato de hexilo	0,08	0,02	t			
espatulenol	t	0,08	0,07			
óxido de cariofileno	3,92	1,55	1,24	2,24	1,47	65,60
viridiflorol	6,22	4,63	3,29	4,71	1,47	31,13
isovalerianato de geranilo	0,54	0,09				
humuleno epóxido	0,42	0,25	0,29	0,32	0,09	27,93
tiglato de geranilo	0,11	0,01				
abietatrieno	0,05	0,04				
abietadieno	0,03	t				
dehidroabietal	0,33	0,01				
dehidroabietol	0,41	0,04				
Total de componentes identificados	94,31	95,43	96,94	95,56	1,32	1,39

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 8.** Método extractivo HD. Poda 75%.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
triciclono	0,04	0,39	0,64	0,36	0,30	83,76
$\alpha$ -tuyeno	0,30	1,00	0,32	0,54	0,40	74,18
$\alpha$ -pineno	19,45	13,08	14,32	15,62	3,38	21,63
canfeno	7,93	10,05	12,27	10,08	2,17	21,50
2,4(10)-tuyadieno	0,08	0,06	0,12	0,09	0,03	36,74
sabineno	0,61	1,25	0,46	0,77	0,42	54,04
1-octen-3-ol	t					
$\beta$ -pineno	3,18	3,44	3,05	3,23	0,20	6,10
3-octanona	t					
mirreno	0,40	2,99	3,80	2,40	1,78	74,06
3-octanol	0,21		0,03			
$\alpha$ -felandreno	0,02	0,16	0,25	0,14	0,11	78,92
$\delta$ -3-careno		t				
$\alpha$ -terpineno	0,03	0,22	0,35	0,20	0,16	81,15
p-cimeno	3,87	1,77	1,20	2,28	1,41	61,65
limoneno	3,77	4,72	4,83	4,44	0,58	13,09
$\beta$ -felandreno	0,49	0,26	0,13	0,29	0,18	61,58
eucaliptol	3,56	6,48	6,55	5,53	1,71	30,91
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,23	0,40	0,29	0,31	0,09	28,11
(E)- $\beta$ -ocimeno		0,11	0,09			
$\gamma$ -terpineno	0,72	1,00	0,93	0,88	0,15	16,69
trans-sabineno hidrato		0,19	0,57			
óxido de linalol	0,02		0,03			
canfenilona	t	t	0,05			
terpinoleno	0,04	0,41	0,45	0,30	0,23	76,66
linalol	1,40	0,72	0,66	0,93	0,41	43,90
$\alpha$ -canfolenal	0,18	0,11	0,22	0,17	0,05	30,71
alcanfor	15,83	23,45	31,72	23,67	7,95	33,57
mentona			0,08			
isoborneol	0,23	0,06	0,08	0,12	0,10	77,54
trans-pinocanfona		0,03	0,04	0,03	0,01	25,71
pinocarvona	0,06	0,05	0,13	0,08	0,04	56,47
borneol	7,02	3,04	3,28	4,45	2,23	50,17
isomentona			t			
mentol		0,07	0,13			
terpinen-4-ol	0,90	1,01	1,00	0,97	0,06	6,47
butirato de hexilo		0,01				
criptona	t	t	0,06			

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
p-cimen-8-ol	0,11	0,05	0,13	0,10	0,04	43,63
$\alpha$ -terpineol	0,52	0,42	0,25	0,40	0,13	33,92
mirtenol	0,34	0,10	0,16	0,20	0,12	61,32
verbenona		t	0,07			
trans-carveol	0,22	0,02	0,11	0,12	0,10	85,56
nerol	0,05	0,01	0,04	0,03	0,02	58,55
formiato de isobornilo	0,24	0,07	0,05	0,12	0,10	87,53
cis-carveol	t					
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,20		0,05			
isovalerianato de hexilo	0,04	0,04	0,09	0,06	0,03	55,23
neral	0,06		0,03			
aldehído cumínico	0,06	t	0,08			
carvona	0,02	0,03	0,19	0,08	0,10	125,54
geraniol	0,09	0,28	0,21	0,19	0,10	50,88
acetato de linalilo	0,16					
piperitenona			t			
geranial	0,05	t	0,05			
aldehído perilla			0,01			
acetato de bornilo	1,63	1,73	1,30	1,55	0,22	14,47
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,12	0,17	0,14	0,14	0,03	18,75
eugenol		t	t			
acetato de nerilo	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	32,29
propionato de isobornilo	0,17	0,09	0,06	0,10	0,06	57,42
acetato de geranilo	0,04	0,10	0,03			
caproato de hexilo		t	t			
$\beta$ -bourboneno		t	t			
7-epi-sesquituyeno		0,06	0,02			
isocariofileno	0,03		t			
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	0,08	0,02	0,05	0,03	61,63
$\beta$ -cariofileno	4,75	4,78	2,21	3,91	1,47	37,64
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02		0,02			
propionato de nerilo		0,05	0,06	0,06	0,01	12,86
$\alpha$ -humuleno	0,73	0,79	0,86	0,79	0,06	7,76
allo-aromadendreno	0,08		0,04			
propionato de geranilo	0,14	0,42	0,12	0,23	0,17	74,54
ar-curcumeno	0,14	0,39	0,10	0,21	0,16	75,87
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno		0,05				
viridifloreno			0,04			
biclogermacreno			t			

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
β-bisaboleno		t	0,04			
isobutirato de geranilo	0,13		0,08			
β-curcumeno		0,02	t			
butirato de geranilo	0,18		t			
benzoato de hexilo	0,09	t				
espatulenol	t	0,06	0,06			
óxido de cariofileno	4,41	1,45	1,09	2,32	1,82	78,76
viridiflorol	6,98	4,06	1,82	4,29	2,59	60,34
isovalerianato de geranilo	0,48	t				
humuleno epóxido	0,50	0,25	0,23	0,33	0,15	45,77
α-bisabolol	0,10					
tiglato de geranilo	0,11					
abietatrieno	0,05					
abietadieno		t				
Total de componentes identificados	93,66	92,13	97,99	94,59	3,04	3,21

**Tabla 9.** Media de los componentes de los aceites esenciales obtenidos mediante HD correspondientes al nivel de poda del 75% durante los 3 años de cultivo.

<b>HCMT</b>		<b>HCMT oxidados</b>	
triciclono	0,36	eucaliptol	5,53
$\alpha$ -tuyeno	0,54	trans-sabineno hidrato	0,25
$\alpha$ -pineno	15,62	óxido de linalol	0,02
canfeno	10,08	canfenilona	0,02
2,4(10)-tuyadieno	0,09	linalol	0,93
sabineno	0,77	$\alpha$ -canfolenal	0,17
$\beta$ -pineno	3,22	alcanfor	23,67
mirceno	2,40	mentona	0,03
$\alpha$ -felandreno	0,14	isoborneol	0,12
$\alpha$ -terpineno	0,20	trans-pinocanfona	0,02
p-cimeno	2,28	pinocarvona	0,08
limoneno	4,44	borneol	4,45
$\beta$ -felandreno	0,29	isomentona	t
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,31	mentol	0,07
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,07	terpinen-4-ol	0,97
$\gamma$ -terpineno	0,88	p-cimen-8-ol	0,10
terpinoleno	0,30	$\alpha$ -terpineol	0,40
		mirtenol	0,20
		verbenona	0,02
<b>HCST</b>		trans-carveol	0,12
$\beta$ -bourboneno	t	nerol	0,03
7-epi-sesquituyeno	0,03	formiato de isobornilo	0,12
isocariofileno	0,01	cis-carveol	t
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	neral	0,03
$\beta$ -cariofileno	3,91	aldehído cumínico	0,05
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	carvona	0,08
$\alpha$ -humuleno	0,79	geraniol	0,19
allo-aromadendreno	0,04	acetato de linalilo	0,05
ar-curcumeno	0,21	piperitenona	t
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno	0,02	geranial	0,03
viridifloreno	0,01	aldehído perilla	t
biciclogermacreno	t	acetato de bornilo	1,55
$\beta$ -bisaboleno	0,01	acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,14
$\beta$ -curcumeno	0,03	eugenol	t
		acetato de nerilo	0,02
<b>HCDT</b>		propionato de isobornilo	0,11
abietatrieno	0,02	acetato de geranilo	0,06
abietadieno	t		

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

---

		propionato de nerilo	0,04
		propionato de geranilo	0,23
<b>OTROS</b>			
1-octen-3-ol	t	isobutirato de geranilo	0,04
3-octanona	t	butirato de geranilo	0,06
3-octanol	0,08	isovalerianato de geranilo	0,16
butirato de hexilo	t	tiglató de geranilo	0,04
criptona	0,02		
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,08	<b>HCST oxidados</b>	
isovalerianato de hexilo	0,06	espatulenol	0,04
caproato de hexilo	t	óxido de cariofileno	2,32
benzoato de hexilo	0,03	viridiflorol	4,29
		humuleno epóxido	0,33
		$\alpha$ -bisabolol	0,03

**Tabla 10.** Método extractivo HD: primer año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
triciclono	0,41	0,20	0,04	0,22	0,18	83,99
$\alpha$ -tuyeno	0,22	0,29	0,30	0,27	0,05	16,72
$\alpha$ -pineno	18,64	18,89	19,45	18,99	0,42	2,19
canfeno	7,68	7,90	7,93	7,84	0,14	1,77
2,4(10)-tuyadieno	0,02	0,05	0,08	0,05	0,03	50,49
sabineno	0,35	0,51	0,61	0,49	0,13	26,98
1-octen-3-ol	0,01	t	t			
$\beta$ -pineno	3,06	3,10	3,18	3,12	0,06	1,97
3-octanona	0,06	0,04	t			
mirreno	0,29	0,39	0,40	0,36	0,06	16,74
3-octanol	0,24	0,22	0,21	0,22	0,01	5,51
octanal						
$\alpha$ -felandreno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	2,44
$\alpha$ -terpineno	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	16,24
p-cimeno	1,48	2,52	3,87	2,62	1,20	45,77
limoneno	3,08	3,66	3,77	3,50	0,37	10,61
$\beta$ -felandreno	0,51	0,50	0,49	0,50	0,01	2,90
eucaliptol	2,74	3,11	3,56	3,14	0,41	12,98
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,39	0,24	0,23	0,29	0,09	31,27
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,04	0,04				
$\gamma$ -terpineno	0,16	0,65	0,72	0,51	0,30	59,52
trans-sabineno hidrato	0,67	0,13				
óxido de linalol	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	18,28
canfenilona	0,03	0,02	t			
terpinoleno	0,14	0,14	0,04	0,11	0,06	57,74
linalol	2,05	1,42	1,40	1,62	0,37	22,82
acetato de 1-octen-3-ilo		0,03				
$\alpha$ -canfolenal	0,31	0,25	0,18	0,24	0,07	26,82
alcanfor	22,74	16,91	15,83	18,50	3,72	20,09
isoborneol	0,19	0,19	0,23	0,20	0,03	12,57
trans-pinocanfona	0,05	0,05				
pinocarvona	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	5,39
borneol	10,76	7,97	7,02	8,58	1,94	22,64
terpinen-4-ol	1,00	0,99	0,90	0,96	0,06	5,95
butirato de hexilo	0,10	0,02				
criptona	0,04	0,01	t			
p-cimen-8-ol	0,20	0,13	0,11	0,15	0,05	32,03
$\alpha$ -terpineol	0,61	0,55	0,52	0,56	0,04	7,98

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
salicilato de metilo	t	t				
mirtenol	0,35	0,35	0,34	0,34	0,01	2,26
verbenona	0,12	0,12				
trans-carveol	0,23	0,23	0,22	0,23	0,00	1,78
nerol	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	4,08
formiato de isobornilo	0,28	0,26	0,24	0,26	0,02	7,69
cis-carveol	t	t	t			
2-metil butirato de hexilo	0,22	0,21				
isovaleriano de cis-3-hexenilo			0,20			
isovaleriano de hexilo	0,03	0,04	0,04	0,04	0,01	20,86
neral	0,07	0,07	0,06	0,07	0,00	6,06
aldehído cumínico	0,04	0,04	0,06	0,05	0,01	22,05
carvona	0,07	0,07	0,02	0,05	0,03	61,78
carvotanacetona	t	0,01				
geraniol	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00	1,97
acetato de linalilo	0,18	0,18	0,16	0,17	0,01	5,14
geranial	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	3,30
aldehído perilla	t	0,03				
acetato de bornilo	1,65	1,64	1,63	1,64	0,01	0,66
acetato de sabinilo	0,04	0,01				
tiglato de hexilo	0,02	0,04				
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,09	0,12	0,12	0,11	0,02	18,68
eugenol	0,02	0,01				
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	7,41
propionato de isobornilo	0,20	0,19	0,17	0,19	0,02	8,33
acetato de geranilo	0,18	0,10	0,04	0,11	0,07	63,09
caproato de hexilo	t	0,09				
$\beta$ -bourboneno	0,03	0,01				
7-epi-sesquituyeno		0,03				
isovaleriano de bencilo	0,04	0,04				
cis-jasmona	0,02	0,01				
isocariofileno	0,02	0,03	0,03	0,03	0,00	11,11
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,04	0,05	0,05	0,04	0,01	13,86
$\beta$ -cariofileno	4,63	4,74	4,75	4,71	0,07	1,40
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	12,37
propionato de nerilo	0,02					
$\alpha$ -humuleno	0,48	0,58	0,73	0,60	0,13	21,34
allo-aromadendreno	0,11	0,08	0,08	0,09	0,02	17,36
propionato de geranilo	0,28	0,24	0,14	0,22	0,07	33,36

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
ar-curcumeno	0,10	0,13	0,14	0,12	0,02	17,67
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno		0,55				
viridifloreno	0,07	0,08				
biciclogermacreno	0,02					
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	0,06	0,06				
isobutirato de geranilo	0,09	0,12	0,13	0,11	0,02	22,19
$\beta$ -curcumeno	t	t				
butirato de geranilo	0,07	0,14	0,18	0,13	0,06	45,83
benzoato de hexilo	0,03	0,08	0,09	0,07	0,03	44,31
espatulenol	t	t	t			
óxido de cariofileno	2,09	3,92	4,41	3,47	1,23	35,34
viridiflorol	6,62	6,22	6,98	6,61	0,38	5,75
isovalerianato de geranilo	0,19	0,54	0,48	0,40	0,19	47,01
humuleno epóxido	0,28	0,42	0,50	0,40	0,11	27,57
$\alpha$ -bisabolol			0,10			
tiglato de geranilo		0,11	0,11			
abietatrieno	0,08	0,05	0,05	0,06	0,01	23,73
abietadieno	0,04	0,03				
dehidroabietal		0,33				
dehidroabietol		0,41				
Total de componentes identificados	97,83	94,31	93,66	95,26	2,25	2,36

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 11.** Método extractivo HD: segundo año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal		t				
trans-2-hexenal		0,02				
cis-3-hexenol		t				
hexanol		0,01				
salveno		t				
triciclono	0,24	0,37	0,39	0,33	0,08	24,43
$\alpha$ -tuyeno	0,71	0,99	1,00	0,90	0,16	18,16
$\alpha$ -pineno	9,44	11,83	13,08	11,45	1,85	16,15
canfeno	8,27	8,43	10,05	8,92	0,99	11,05
2,4(10)-tuyadieno	0,04	0,05	0,06	0,05	0,01	20,40
sabineno	0,95	1,22	1,25	1,14	0,17	14,53
1-octen-3-ol						
$\beta$ -pineno	3,04	3,40	3,44	3,29	0,22	6,69
3-octanona	0,09	0,09				
metil heptenona						
mircenol	1,04	2,57	2,99	2,20	1,03	46,65
3-octanol	0,04	0,04				
octanal						
$\alpha$ -felandreno	0,22	0,18	0,16	0,19	0,03	17,25
acetato de hexilo	t	0,01				
$\delta$ -3-careno		t	t			
$\alpha$ -terpineno	0,28	0,22	0,22	0,24	0,03	13,75
p-cimeno	1,02	1,65	1,77	1,48	0,40	27,24
limoneno	4,24	4,58	4,72	4,51	0,25	5,48
$\beta$ -felandreno	0,30	0,30	0,26	0,29	0,02	8,06
eucaliptol	2,95	6,00	6,48	5,14	1,91	37,23
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,53	0,41	0,40	0,45	0,07	16,20
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,20	0,16	0,11	0,16	0,04	27,20
$\gamma$ -terpineno	0,74	0,99	1,00	0,91	0,15	16,18
trans-sabineno hidrato	0,75	0,31	0,19	0,42	0,29	70,37
óxido de linalol	0,08	0,03				
canfenilona	0,02	0,02	t			
terpinoleno	0,46	0,44	0,41	0,43	0,02	5,46
linalol	1,78	0,64	0,72	1,05	0,63	60,42
$\alpha$ -canfolenal	0,28	0,23	0,11	0,21	0,09	41,07
alcanfor	29,88	26,18	23,45	26,50	3,23	12,18
isoborneol	0,07	0,06	0,06	0,06	0,01	12,99
trans-pinocanfona		0,02	0,03			

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
pinocarvona		0,05	0,05			
borneol	6,00	5,14	3,04	4,73	1,52	32,22
mentol	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01	7,15
terpinen-4-ol	1,95	1,33	1,01	1,43	0,48	33,38
butirato de hexilo		0,03	0,01			
criptona		0,01	t			
p-cimen-8-ol	0,10	0,09	0,05	0,08	0,02	31,65
$\alpha$ -terpineol	0,70	0,45	0,42	0,52	0,15	29,31
salicilato de metilo		t				
mirtenol	0,15	0,13	0,10	0,13	0,02	18,62
verbenona	0,04	0,03	t			
trans-carveol	0,10	0,07	0,02	0,06	0,04	61,64
nerol	0,05	0,04	0,01	0,04	0,02	61,51
formiato de isobornilo	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01	7,87
cis-carveol		t				
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,09	0,08				
isovalerianato de hexilo		0,03	0,04			
neral	t	t				
aldehído cumínico	t	t	t			
carvona	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	18,33
carvotanacetona		t				
geraniol	0,30	0,28	0,28	0,29	0,01	4,73
geranial	0,06	0,06	t			
acetato de bornilo	2,00	1,99	1,73	1,91	0,16	8,16
acetato de sabinilo	0,12	0,03				
tiglato de hexilo	t	t				
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,11	0,16	0,17	0,15	0,03	22,62
eugenol	t	t	t			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	21,65
propionato de isobornilo	0,12	0,11	0,09	0,10	0,01	13,92
acetato de geranilo	0,18	0,12	0,10	0,14	0,04	30,39
caproato de hexilo		t	t			
$\beta$ -bourboneno	0,06	0,01	t			
7-epi-sesquituyeno		0,06	0,06			
isovalerianato de bencilo	0,03	0,02				
cis-jasmona	0,04	0,02				
isocariofileno	0,03	0,02				
cis- $\alpha$ -bergamoteno		0,08	0,08			
$\beta$ -cariofileno	4,72	4,76	4,78	4,75	0,03	0,61

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,03				
cumarina	t					
propionato de nerilo		0,02	0,05			
$\alpha$ -humuleno	0,50	0,75	0,79	0,68	0,16	22,87
propionato de geranilo	0,57	0,52	0,42	0,50	0,08	15,03
ar-curcumeno	0,22	0,37	0,39	0,33	0,09	28,37
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno		0,05	0,05			
$\beta$ -bisaboleno	0,03	0,02	t			
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	t	0,03				
$\beta$ -curcumeno	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	43,30
butirato de geranilo	t	0,04				
benzoato de cis-3-hexenilo	t	t				
benzoato de hexilo		0,02	t			
espatulenol	0,09	0,08	0,06	0,08	0,01	16,30
óxido de cariofileno	1,56	1,55	1,45	1,52	0,06	4,11
viridiflorol	5,17	4,63	4,06	4,62	0,56	12,01
isovalerianato de geranilo		0,09	t			
humuleno epóxido	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,46
tiglato de geranilo	t	0,01				
abietatrieno	0,01	0,04				
abietadieno		t	t			
dehidroabietal		0,01				
dehidroabietol		0,04				
Total de componentes identificados	93,28	95,43	92,13	93,61	1,68	1,79

Tabla 12. Método extractivo HD: tercer año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
triciclono	0,43	0,49	0,64	0,52	0,11	20,90
$\alpha$ -tuyeno	0,21	0,30	0,32	0,28	0,06	20,20
$\alpha$ -pineno	9,64	11,81	14,32	11,92	2,34	19,62
canfeno	9,61	11,22	12,27	11,03	1,34	12,13
2,4(10)-tuyadieno	0,06	0,08	0,12	0,09	0,03	36,55
sabineno	0,35	0,44	0,46	0,42	0,06	13,99
$\beta$ -pineno	2,04	2,57	3,05	2,55	0,51	19,95
mirceno	1,21	2,16	3,80	2,39	1,31	54,96
3-octanol	0,05	0,04	0,03	0,04	0,01	25,00
octanal						
$\alpha$ -felandreno	0,37	0,29	0,25	0,30	0,06	19,85
$\alpha$ -terpineno	0,40	0,36	0,35	0,37	0,03	6,73
p-cimeno	0,97	1,01	1,20	1,06	0,12	11,66
limoneno	4,63	4,66	4,83	4,70	0,11	2,28
$\beta$ -felandreno	0,21	0,19	0,13	0,18	0,04	23,57
eucaliptol	3,11	6,50	6,55	5,39	1,97	36,62
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,59	0,57	0,29	0,48	0,17	34,54
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,12	0,11	0,09	0,11	0,02	14,76
$\gamma$ -terpineno	0,82	0,87	0,93	0,87	0,06	6,65
trans-sabineno hidrato	0,99	0,63	0,57	0,73	0,22	30,68
óxido de linalol	0,06	0,04	0,03	0,05	0,01	30,06
canfenilona	0,06	0,05	0,05	0,05	0,01	11,90
terpinoleno	0,49	0,47	0,45	0,47	0,02	4,69
linalol	1,65	0,74	0,66	1,02	0,55	54,03
$\alpha$ -canfolenal	0,42	0,34	0,22	0,33	0,10	31,80
alcanfor	38,08	33,13	31,72	34,31	3,34	9,73
mentona			0,08			
isoborneol	0,10	0,10	0,08	0,09	0,01	10,80
trans-pinocanfona	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	16,03
pinocarvona	0,15	0,15	0,13	0,14	0,01	8,99
borneol	6,01	4,18	3,28	4,49	1,39	30,97
isomentona			t			
mentol	0,14	0,13	0,13	0,13	0,00	3,12
terpinen-4-ol	2,05	1,42	1,00	1,49	0,53	35,61
criptona	0,08	0,08	0,06	0,07	0,01	15,77
p-cimen-8-ol	0,19	0,15	0,13	0,16	0,03	18,25
$\alpha$ -terpineol	0,86	0,45	0,25	0,52	0,31	59,64
mirtenol	0,25	0,20	0,16	0,21	0,05	23,43

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
verbenona	0,11	0,08	0,07	0,09	0,02	24,58
trans-carveol	0,25	0,20	0,11	0,19	0,07	36,24
nerol	0,07	0,04	0,04	0,05	0,02	32,54
formiato de isobornilo	0,14	0,10	0,05	0,09	0,04	47,20
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,06	0,05	0,05	0,06	0,01	10,40
isovalerianato de hexilo		0,04	0,09			
neral	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03	47,62
aldehído cumínico	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00	2,55
carvona	0,20	0,19	0,19	0,19	0,00	1,37
geraniol	0,24	0,24	0,21	0,23	0,02	9,34
piperitenona			t			
geranial	0,08	0,07	0,05	0,07	0,02	23,52
aldehído perilla		0,07	0,01			
acetato de bornilo	1,53	1,50	1,30	1,44	0,13	8,80
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,04	0,05	0,14	0,08	0,05	73,11
eugenol	0,01	t	t			
acetato de nerilo	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	34,33
propionato de isobornilo	0,12	0,09	0,06	0,09	0,03	36,42
acetato de geranilo	0,06	0,06	0,03	0,05	0,02	32,40
caproato de hexilo			t			
$\beta$ -bourboneno	0,01	0,01	t			
7-epi-sesquituyeno			0,02			
isocariofileno			t			
cis- $\alpha$ -bergamoteno			0,02			
$\beta$ -cariofileno	1,60	2,01	2,21	1,94	0,31	16,12
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	2,99
propionato de nerilo	0,01	0,03	0,06	0,03	0,02	69,35
$\alpha$ -humuleno	0,70	0,77	0,86	0,78	0,08	9,91
allo-aromadendreno	0,07	0,04	0,04	0,05	0,02	42,73
propionato de geranilo	0,15	0,14	0,12	0,14	0,02	12,16
ar-curcumeno	0,05	0,06	0,10	0,07	0,02	33,77
viridifloreño	0,07	0,06	0,04	0,05	0,01	27,32
biclogermacreño	0,02	t	t			
$\beta$ -bisaboleno	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	4,33
isobutirato de geranilo	t	t	0,08			
$\beta$ -curcumeno	t	t	t			
butirato de geranilo			t			
benzoato de hexilo		t				
espatulenol	0,09	0,07	0,06	0,07	0,02	22,36

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
óxido de cariofileno	1,52	1,24	1,09	1,28	0,22	17,16
viridiflorol	5,02	3,29	1,82	3,38	1,60	47,36
humuleno epóxido	0,37	0,29	0,23	0,30	0,07	23,49
abietatrieno	t					
Total de componentes identificados	99,26	96,94	97,99	98,07	1,16	1,18

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 13.** Método extractivo DES. Poda 25%.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
furfural			0,04			
trans-2-hexenal			t			
cis-3-hexenol			0,02			
hexanol			t			
triciclono	0,22	0,02	0,08	0,10	0,10	98,34
$\alpha$ -tuyeno	0,12	0,04	0,05	0,07	0,04	60,18
$\alpha$ -pineno	4,20	2,22	2,91	3,11	1,00	32,33
canfeno	3,79	2,80	3,61	3,40	0,53	15,53
2,4(10)-tuyadieno	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01	18,56
sabineno	0,40	0,35	0,22	0,32	0,09	28,08
1-octen-3-ol	t	t	t			
$\beta$ -pineno	1,85	1,20	0,98	1,35	0,45	33,64
3-octanona	0,05	0,03	0,03	0,04	0,01	31,86
metil heptenona		t	t			
mirreno	0,44	0,69	0,77	0,63	0,17	27,26
3-octanol	0,16	0,03	0,04	0,08	0,08	100,57
octanal	t	t	0,02			
$\alpha$ -felandreno	0,16	0,22	0,24	0,20	0,04	19,14
acetato de hexilo	t	t	0,02			
$\delta$ -3-careno	t		0,01			
$\alpha$ -terpineno	0,09	0,18	0,22	0,16	0,07	41,60
p-cimeno	1,13	0,84	0,76	0,91	0,20	21,57
limoneno	3,10	3,05	3,18	3,11	0,06	2,00
$\beta$ -felandreno	t	t	t			
eucaliptol	2,50	3,44	1,43	2,46	1,01	41,03
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,39	0,45	0,48	0,44	0,05	10,74
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,18	0,21	0,15	0,18	0,03	15,75
$\gamma$ -terpineno	0,22	0,48	0,53	0,41	0,17	40,59
trans-sabineno hidrato	1,36	1,95	2,26	1,86	0,46	24,59
óxido de linalol	0,13	0,18	0,21	0,17	0,04	22,76
canfenilona	0,03	t	0,06			
terpinoleno	0,26	0,50	0,54	0,44	0,15	35,13
linalol	1,69	1,13	2,29	1,70	0,58	34,13
hotrienol			0,11			
$\alpha$ -canfolenal	0,32	0,15	0,37	0,28	0,12	41,46
alcanfor	32,01	35,13	42,84	36,66	5,57	15,20
mentona	t	t	0,11			
isoborneol	0,14	t	0,09			

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
trans-pinocanfona	0,05	0,04	0,05	0,04	0,01	14,15
pinocarvona	0,10	0,15	0,20	0,15	0,05	34,07
borneol	8,45	6,16	6,41	7,01	1,26	17,92
isomentona	t	t	t			
mentol		0,04	0,13			
terpinen-4-ol	1,29	1,38	1,95	1,54	0,36	23,09
butirato de hexilo	0,01					
p-metil acetofenona		t	t			
p-cimen-8-ol	0,20	0,26	0,43	0,30	0,12	40,64
$\alpha$ -terpineol	0,76	1,05	1,18	1,00	0,21	21,47
salicilato de metilo	t					
mirtenol	0,19	0,20	0,25	0,21	0,03	15,43
decanal		0,18	0,22	0,20	0,03	15,40
verbenona	0,13	0,10	0,30	0,18	0,11	61,15
trans-carveol	0,08	0,09	0,20	0,12	0,07	55,42
nerol	0,05	0,04	0,05	0,04	0,01	19,04
formiato de isobornilo	0,10	0,03	0,07	0,07	0,03	50,43
cis-carveol	t					
2-metil butirato de hexilo	0,11	t	t			
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,11	0,11	0,14	0,12	0,02	14,22
isovalerianato de hexilo	0,04		0,05			
neral	0,06	t	0,07			
aldehído cumínico	0,08	0,01	0,10	0,06	0,05	75,29
carvona	0,14	0,07	0,19	0,13	0,06	46,46
carvotanacetona	t		t			
geraniol	0,29	0,42	0,45	0,39	0,08	21,88
acetato de linalilo	0,10	t	0,02	0,06	0,06	100,32
piperitenona	t					
geranial	0,06	0,08	0,09	0,08	0,02	21,92
aldehído perilla	t					
acetato de bornilo	1,89	2,19	1,67	1,92	0,26	13,56
acetato de sabinilo	0,01					
tiglato de hexilo	t					
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,15	0,14	0,05	0,11	0,05	47,64
eugenol	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	44,19
acetato de nerilo	0,04	0,03	0,04	0,04	0,00	8,85
propionato de isobornilo	0,19	0,15	0,14	0,16	0,03	15,68
acetato de geranilo	0,13	0,10	0,07	0,10	0,03	28,55
caproato de hexilo	t	t	t			

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
$\beta$ -bourboneno	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	24,77
7-epi-sesquituyeno	0,01	t	0,01			
isovaleriano de bencilo	0,04	0,05	0,04	0,04	0,01	18,04
cis-jasmona	0,01	t	0,01			
isocariofileno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	12,60
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,03	0,05	0,02	0,03	0,01	41,65
$\beta$ -cariofileno	4,12	4,82	1,55	3,50	1,72	49,18
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	19,92
propionato de nerilo	0,01	t	0,02			
$\alpha$ -humuleno	0,51	0,62	0,70	0,61	0,09	15,57
allo-aromadendreno	0,10	t	0,08			
propionato de geranilo	0,25	0,23	0,18	0,22	0,04	17,65
ar-curcumeno	0,12	0,13	0,08	0,11	0,02	22,77
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno	t					
viridifloreno	0,06		0,06			
biciclogermacreno	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	45,83
$\beta$ -bisaboleno	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	38,42
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	0,01					
isobutirato de geranilo	0,04		0,03			
$\beta$ -curcumeno	t	0,02	0,02			
butirato de geranilo	0,03					
benzoato de hexilo	0,02					
espatulenol	0,27	0,26	0,25	0,26	0,01	3,65
óxido de cariofileno	2,38	2,30	2,20	2,29	0,09	3,93
viridiflorol	5,26	4,52	3,99	4,59	0,64	13,90
isovaleriano de nerilo	t	t	0,06			
isovaleriano de geranilo	0,19					
humuleno epóxido	0,33	0,35	0,47	0,39	0,08	20,20
cariofiladienol	0,02	0,09	0,24	0,12	0,11	96,54
$\alpha$ -bisabolol	t					
abietatrieno	0,05	0,02	0,01	0,03	0,02	69,01
abietadieno	t	t	t			
Total de componentes identificados	83,76	81,92	89,40	85,03	3,90	4,58

**Tabla 14.** Método extractivo DES. Poda 50%.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
furfural			0,01			
trans-2-hexenal			t			
cis-3-hexenol			t			
hexanol		t	t			
triciclono	0,25	0,12	0,21	0,19	0,07	34,47
$\alpha$ -tuyeno	0,24	0,09	0,10	0,14	0,09	60,24
$\alpha$ -pineno	8,01	4,16	4,25	5,47	2,20	40,15
canfeno	4,50	4,34	4,52	4,45	0,10	2,28
2,4(10)-tuyadieno	0,06	0,04	0,04	0,05	0,01	29,33
sabineno	0,51	0,37	0,26	0,38	0,13	33,21
1-octen-3-ol	t	t				
$\beta$ -pineno	2,21	1,69	1,26	1,72	0,48	27,79
3-octanona	0,03	0,04	0,03	0,03	0,00	14,78
metil heptenona	t	t	t			
mirreno	0,88	1,33	1,22	1,14	0,23	20,54
3-octanol	0,07	0,02	0,03	0,04	0,03	60,50
octanal		t	0,01			
$\alpha$ -felandreno	0,11	0,18	0,21	0,17	0,05	30,53
acetato de hexilo		t	0,01			
$\delta$ -3-careno		t	t			
$\alpha$ -terpineno	0,08	0,14	0,23	0,15	0,07	48,69
p-cimeno	1,97	1,00	0,94	1,30	0,58	44,45
limoneno	3,73	4,52	3,66	3,97	0,48	12,04
$\beta$ -felandreno	0,04	t	0,01			
eucaliptol	3,17	3,92	3,84	3,64	0,41	11,29
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,30	0,41	0,41	0,37	0,06	16,71
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,04	0,15	0,11	0,10	0,06	59,81
$\gamma$ -terpineno	0,70	0,62	0,60	0,64	0,05	8,11
trans-sabineno hidrato	0,92	1,01	1,00	0,98	0,05	4,94
óxido de linalol	0,08	0,13	0,17	0,12	0,04	35,01
canfenilona	0,02	t	0,05			
terpinoleno	0,24	0,47	0,48	0,40	0,14	34,14
linalol	0,88	0,66	1,55	1,03	0,46	45,07
hotrienol			0,08			
acetato de 1-octen-3-ilo	0,01					
$\alpha$ -canfolenal	0,25	0,11	0,32	0,23	0,11	46,37
alcanfor	29,03	34,96	40,12	34,70	5,55	15,99
mentona	t		0,08			

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
isoborneol	0,17	t	0,06			
trans-pinocanfona	0,03	0,04	0,04	0,03	0,00	13,01
pinocarvona	0,05	0,11	0,18	0,11	0,07	58,80
borneol	6,01	5,99	6,01	6,00	0,01	0,15
mentol		0,03	0,11			
terpinen-4-ol	1,06	1,21	1,66	1,31	0,31	23,80
butirato de hexilo	0,01	t				
criptona	0,00					
p-metil acetofenona		t	t			
p-cimen-8-ol	0,15	0,18	0,34			
$\alpha$ -terpineol	0,54	0,63	0,83	0,66	0,15	22,10
mirtenol	0,15	0,18	0,20	0,18	0,02	14,03
decanal	0,01	0,09	0,17	0,09	0,08	89,57
verbenona	0,10	0,09	0,26	0,15	0,10	64,55
trans-carveol	0,08	0,07	0,19	0,11	0,06	56,59
nerol	0,03	0,03	0,04	0,03	0,00	11,96
formiato de isobornilo	0,12	0,03	0,05	0,07	0,05	73,54
cis-carveol	0,01					
2-metil butirato de hexilo	0,09	t	t			
isovalerianato de cis-3-hexenilo		0,10	0,12			
isovalerianato de hexilo	0,03	0,03	0,06	0,04	0,02	42,34
neral	0,05	t	0,06			
aldehído cumínico	0,05	t	0,08			
carvona	0,11	0,05	0,18	0,11	0,06	55,36
geraniol	0,15	0,37	0,40	0,31	0,14	44,58
acetato de linalilo	0,08	t	t			
geranial	0,06	0,06	0,07	0,07	0,01	9,35
aldehído perilla	0,01					
acetato de bornilo	1,87	2,06	1,61	1,85	0,23	12,33
acetato de sabinilo	0,01					
tiglato de hexilo	0,01					
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,22	0,20	0,19	0,21	0,01	6,88
eugenol	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	38,01
acetato de nerilo	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	19,99
propionato de isobornilo	0,16	0,12	0,12	0,13	0,03	19,72
acetato de geranilo	0,11	0,10	0,07	0,09	0,02	24,76
caproato de hexilo	0,01	t	t			
$\beta$ -bourboneno	0,02	t	0,01			
7-epi-sesquituyeno	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	33,72

Componentes	Año 1º	Año 2º	Año 3º	Media	Desviación estándar	% Desviación
isovalerianato de bencilo	0,05	0,05	0,03	0,04	0,01	21,28
cis-jasmona	0,01	t	t			
isocariofileno	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	22,28
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01	33,07
$\beta$ -cariofileno	4,20	5,01	1,88	3,70	1,62	43,92
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	28,39
propionato de nerilo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	39,85
$\alpha$ -humuleno	0,60	0,68	0,71	0,66	0,06	8,41
allo-aromadendreno	0,08	t	0,06			
propionato de geranilo	0,23	0,25	0,19	0,22	0,03	14,04
ar-curcumeno	0,12	0,15	0,10	0,12	0,02	19,80
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno	0,06	t				
viridifloreno	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	34,80
biciclogermacreno	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	46,35
$\beta$ -bisaboleno	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	62,40
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	0,01					
isobutirato de geranilo	0,02	t	0,03			
$\beta$ -curcumeno	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	56,51
butirato de geranilo	0,05	t				
benzoato de cis-3-hexenilo		t				
benzoato de hexilo	0,02	t				
espatulenol	0,25	0,26	0,25	0,25	0,00	1,37
óxido de cariofileno	2,40	2,06	2,15	2,20	0,18	8,00
viridiflorol	5,08	4,05	3,01	4,05	1,04	25,63
isovalerianato de nerilo	0,01		0,03			
isovalerianato de geranilo	0,18	0,11				
humuleno epóxido	0,40	0,39	0,48	0,42	0,05	12,02
cariofiladienol	0,01	0,09	0,23			
$\alpha$ -bisabolol	0,03					
tiglato de geranilo	0,02					
abietatrieno	0,03	0,02	t			
abietadieno	0,02					
dehidroabietal	0,20					
dehidroabietol	0,20					
Total de componentes identificados	84,38	85,53	88,29	86,06	2,01	2,34

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 15.** Método extractivo DES. Poda 75%.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal		t	t			
furfural		t	t			
trans-2-hexenal		t	0,01			
cis-3-hexenol		t	t			
hexanol		t	0,01			
salveno		t	t			
tricicleno	0,33	0,19	0,33	0,28	0,08	28,20
$\alpha$ -tuyeno	0,28	0,12	0,18	0,19	0,08	42,62
$\alpha$ -pineno	9,01	7,99	8,18	8,39	0,54	6,49
canfeno	8,50	8,53	8,40	8,47	0,07	0,81
2,4(10)-tuyadieno	0,07	0,04	0,04	0,05	0,02	33,97
sabineno	0,56	0,38	0,27	0,40	0,15	36,21
1-octen-3-ol	t		t			
$\beta$ -pineno	2,68	2,34	2,22	2,41	0,24	9,91
3-octanona	0,03		0,03			
metil heptenona		t	t			
mircenol	1,06	2,99	3,42	2,49	1,26	50,48
3-octanol	0,05	0,02	0,03	0,03	0,01	40,18
octanal			t			
$\alpha$ -felandreno	0,10	0,16	0,17	0,14	0,04	25,60
acetato de hexilo			t			
$\delta$ -3-careno		t	t			
$\alpha$ -terpineno	0,08	0,11	0,23	0,14	0,08	56,70
p-cimeno	2,14	1,14	1,01	1,43	0,62	43,22
limoneno	4,04	4,96	4,19	4,40	0,49	11,18
$\beta$ -felandreno	0,03	t	0,08			
eucaliptol	4,08	5,00	4,50	4,53	0,46	10,13
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,30	0,33	0,32	0,32	0,02	5,36
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,04	0,11	0,09	0,08	0,04	45,70
$\gamma$ -terpineno	0,75	0,66	0,66	0,69	0,05	7,26
trans-sabineno hidrato	0,65	0,68	0,76	0,70	0,06	8,24
óxido de linalol	0,06	0,07	0,08	0,07	0,01	15,59
canfenilona	0,02		0,05			
terpinoleno	0,23	0,44	0,43	0,37	0,12	32,49
linalol	0,50	0,34	0,84	0,56	0,26	45,77
acetato de 1-octen-3-ilo		t				
$\alpha$ -canfolenal	0,20	0,10	0,27	0,19	0,09	45,52

Componentes	Año 1º	Año 2º	Año 3º	Media	Desviación estándar	% Desviación
alcanfor	27,11	30,11	38,52	31,91	5,92	18,54
isoborneol	0,17	t	0,06			
trans-pinocanfona	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	51,38
pinocarvona	0,02	0,10	0,12	0,08	0,05	66,90
borneol	5,63	5,42	5,53	5,53	0,10	1,88
mentol	0,01	t	0,11			
terpinen-4-ol	0,85	1,10	1,38	1,11	0,26	23,81
criptona	t	t				
p-metil acetofenona	0,01	t	t			
p-cimen-8-ol	0,10	0,16	0,26	0,17	0,08	46,83
α-terpineol	0,30	0,31	0,39	0,33	0,05	13,92
mirtenol	0,14	0,12	0,15	0,14	0,02	11,57
decanal	0,01	0,07	0,12	0,07	0,06	82,61
verbenona		0,06	0,19			
trans-carveol	0,07	0,04	0,17	0,09	0,07	69,92
nerol	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	33,33
formiato de isobornilo	0,10	0,01	0,04	0,05	0,04	85,92
cis-carveol		t				
2-metil butirato de hexilo	0,06		t			
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,12	0,09	0,10	0,10	0,01	14,16
isovalerianato de hexilo	0,03	0,03	0,10	0,05	0,04	73,92
neral	0,06		0,03			
aldehído cumínico	0,06		0,06			
carvona	0,09	0,04	0,15	0,09	0,06	62,64
carvotanacetona		t	t			
geraniol	0,12	0,30	0,33	0,25	0,11	45,52
acetato de linalilo	0,06	t	t			
piperitenona	t					
geranial	0,05	0,03	0,06	0,05	0,02	32,06
acetato de bornilo	1,90	1,95	1,55	1,80	0,22	12,21
acetato de α-terpenilo	0,25	0,28	0,24	0,26	0,02	6,78
eugenol		t	0,01			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	4,75
propionato de isobornilo	0,10	0,09	0,09	0,09	0,01	5,63
acetato de geraniol	0,09	0,09	0,05	0,08	0,02	26,91
caproato de hexilo		t	t			
β-bourboneno		t	t			
7-epi-sesquituyeno		0,05	0,01			
isovalerianato de bencilo		0,02	0,02			

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	Año 1°	Año 2°	Año 3°	Media	Desviación estándar	% Desviación
cis-jasmona		t	t			
isocariofileno	0,03	0,01	t			
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	0,03	0,02	0,03	0,01	36,36
$\beta$ -cariofileno	4,50	5,41	2,19	4,03	1,66	41,24
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	3,69
cumarina		t	t			
propionato de nerilo		0,02	0,03			
$\alpha$ -humuleno	0,66	0,70	0,72	0,69	0,03	4,24
allo-aromadendreno	0,05		0,03	0,04	0,01	26,94
propionato de geranilo	0,23	0,25	0,19	0,22	0,03	14,74
ar-curcumeno	0,14	0,18	0,10	0,14	0,04	26,99
viridifloreño		0,02	0,03			
biciclogermacreno		0,01	0,02			
$\beta$ -bisaboleno		0,02	0,03			
( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -farneseno		t				
isobutirato de geranilo	0,13	t	0,06			
$\beta$ -curcumeno		0,02	0,04			
butirato de geranilo	0,06	t				
benzoato de cis-3-hexenilo	0,01					
benzoato de hexilo	0,04	t				
espatulenol	0,25	0,22	0,24	0,24	0,02	7,60
óxido de cariofileno	2,63	2,00	2,02	2,22	0,36	16,17
viridiflorol	5,01	3,68	2,40	3,70	1,31	35,30
isovalerianato de nerilo			0,01			
isovalerianato de geranilo	0,20	0,12	0,11	0,14	0,05	35,75
humuleno epóxido	0,40	0,40	0,49	0,43	0,05	12,23
cariofiladienol		0,08	0,22			
$\alpha$ -bisabolol	0,01					
tiglato de geranilo	0,01					
abietatrieno	0,03	0,01	t			
Total de componentes identificados	87,83	90,41	95,68	91,31	4,00	4,38

**Tabla 16.** Método extractivo DES: primer año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
tricicleno	0,22	0,25	0,33	0,27	0,06	21,69
$\alpha$ -tuyeno	0,12	0,24	0,28	0,21	0,08	38,07
$\alpha$ -pineno	4,20	8,01	9,01	7,07	2,54	35,91
canfeno	3,79	4,50	8,50	5,60	2,54	45,37
2,4(10)-tuyadieno	0,02	0,06	0,07	0,05	0,02	47,13
sabineno	0,40	0,51	0,56	0,49	0,08	16,46
1-octen-3-ol	t	t	t			
$\beta$ -pineno	1,85	2,21	2,68	2,25	0,41	18,45
3-octanona	0,05	0,03	0,03	0,04	0,01	31,49
metil heptenona		t				
mirreno	0,44	0,88	1,06	0,79	0,32	40,38
3-octanol	0,16	0,07	0,05	0,09	0,06	63,55
octanal	t					
$\alpha$ -felandreno	0,16	0,11	0,10	0,12	0,03	26,45
acetato de hexilo	t					
$\delta$ -3-careno	t					
$\alpha$ -terpineno	0,09	0,08	0,08	0,08	0,01	6,93
p-cimeno	1,13	1,97	2,14	1,75	0,54	30,96
limoneno	3,10	3,73	4,04	3,62	0,48	13,22
$\beta$ -felandreno	t	0,04	0,03			
eucaliptol	2,50	3,17	4,08	3,25	0,79	24,40
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,39	0,30	0,30	0,33	0,05	15,75
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,18	0,04	0,04	0,09	0,08	96,84
$\gamma$ -terpineno	0,22	0,70	0,75	0,56	0,29	52,57
trans-sabineno hidrato	1,36	0,92	0,65	0,98	0,36	36,69
óxido de linalol	0,13	0,08	0,06	0,09	0,04	40,06
canfenilona	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	35,25
terpinoleno	0,26	0,24	0,23	0,24	0,02	6,28
linalol	1,69	0,88	0,50	1,02	0,61	59,40
acetato de 1-octen-3-ilo		0,01				
$\alpha$ -canfolenal	0,32	0,25	0,20	0,26	0,06	23,48
trans-pinocarveol						
alcanfor	32,01	29,03	27,11	29,38	2,47	8,40
mentona	t	t				
isoborneol	0,14	0,17	0,17	0,16	0,02	10,83
trans-pinocanfona	0,05	0,03	0,01	0,03	0,02	63,86
pinocarvona	0,10	0,05	0,02	0,06	0,04	71,32

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
borneol	8,45	6,01	5,63	6,70	1,53	22,85
isomentona	t					
mentol			0,01			
terpinen-4-ol	1,29	1,06	0,85	1,07	0,22	20,63
butirato de hexilo	0,01	0,01				
criptona		0,00	t			
p-metil acetofenona			0,01			
p-cimen-8-ol	0,20	0,15	0,10	0,15	0,05	33,33
$\alpha$ -terpineol	0,76	0,54	0,30	0,53	0,23	43,14
salicilato de metilo	t					
mirtenol	0,19	0,15	0,14	0,16	0,03	16,54
decanal		0,01	0,01			
verbenona	0,13	0,10				
trans-carveol	0,08	0,08	0,07	0,08	0,01	7,53
nerol	0,05	0,03	0,04	0,04	0,01	26,04
formiato de isobornilo	0,10	0,12	0,10	0,11	0,01	10,83
cis-carveol	t	0,01				
2-metil butirato de hexilo	0,11	0,09	0,06	0,09	0,03	29,04
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,11		0,12			
isovalerianato de hexilo	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	17,32
neral	0,06	0,05	0,06	0,06	0,01	12,43
aldehído cumínico	0,08	0,05	0,06	0,06	0,02	24,12
carvona	0,14	0,11	0,09	0,11	0,03	22,21
carvotanacetona	t					
geraniol	0,29	0,15	0,12	0,19	0,09	48,61
acetato de linalilo	0,10	0,08	0,06	0,08	0,02	25,00
piperitenona	t		t			
geranial	0,06	0,06	0,05	0,06	0,01	10,19
aldehído perilla	t	0,01				
acetato de bornilo	1,89	1,87	1,90	1,89	0,02	0,81
acetato de sabinilo	0,01	0,01				
tiglato de hexilo	t	0,01				
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,15	0,22	0,25	0,21	0,05	24,83
eugenol	0,02	0,02				
acetato de nerilo	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	36,74
propionato de isobornilo	0,19	0,16	0,10	0,15	0,05	30,55
acetato de geranilo	0,13	0,11	0,09	0,11	0,02	18,18
caproato de hexilo	t	0,01				
$\beta$ -bourboneno	0,03	0,02				

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
7-epi-sesquituyeno	0,01	0,02				
isovalerianato de bencilo	0,04	0,05				
cis-jasmona	0,01	0,01				
isocariofileno	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	20,40
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,03	0,04	0,05	0,04	0,01	19,92
$\beta$ -cariofileno	4,12	4,20	4,50	4,27	0,20	4,69
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	20,40
propionato de nerilo	0,01	0,01				
$\alpha$ -humuleno	0,51	0,60	0,66	0,59	0,08	12,80
allo-aromadendreno	0,10	0,08	0,05	0,08	0,03	32,75
propionato de geranilo	0,25	0,23	0,23	0,24	0,01	4,88
ar-curcumeno	0,12	0,12	0,14	0,13	0,01	8,25
( <i>Z,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	t	0,06				
viridifloreno	0,06	0,03				
biciclogermacreno	0,03	0,02				
$\beta$ -bisaboleno	0,02	0,01				
( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,01	0,01				
isobutirato de geranilo	0,04	0,02	0,13	0,06	0,06	94,13
$\beta$ -curcumeno	t	0,01				
butirato de geranilo	0,03	0,05	0,06	0,05	0,02	32,73
benzoato de cis-3-hexenilo			0,01			
benzoato de hexilo	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	43,30
espatulenol	0,27	0,25	0,25	0,26	0,01	4,50
óxido de cariofileno	2,38	2,40	2,63	2,47	0,14	5,62
viridiflorol	5,26	5,08	5,01	5,12	0,13	2,52
isovalerianato de nerilo	t	0,01				
isovalerianato de geranilo	0,19	0,18	0,20	0,19	0,01	5,37
humuleno epóxido	0,33	0,40	0,40	0,38	0,04	10,73
cariofiladienol	0,02	0,01				
$\alpha$ -bisabolol	t	0,03	0,01			
tiglato de geranilo		0,02	0,01			
abietatrieno	0,05	0,03	0,03	0,04	0,01	31,49
abietadieno	t	0,02				
dehidroabietal		0,20				
dehidroabietol		0,20				
Total de componentes identificados	83,76	84,38	87,83	85,32	2,19	2,57

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 17.** Método extractivo DES: segundo año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal			t			
furfural			t			
trans-2-hexenal			t			
cis-3-hexenol			t			
hexanol		t	t			
salveno			t			
tricicleno	0,02	0,12	0,19	0,11	0,09	79,84
$\alpha$ -tuyeno	0,04	0,09	0,12	0,08	0,04	44,00
$\alpha$ -pineno	2,22	4,16	7,99	4,79	2,93	61,31
canfeno	2,80	4,34	8,53	5,22	2,97	56,80
2,4(10)-tuyadieno	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	9,27
sabineno	0,35	0,37	0,38	0,36	0,02	4,77
1-octen-3-ol	t	t				
$\beta$ -pineno	1,20	1,69	2,34	1,74	0,57	32,72
3-octanona	0,03	0,04				
metil heptenona	t	t	t			
mircenol	0,69	1,33	2,99	1,67	1,19	71,06
3-octanol	0,03	0,02	0,02	0,03	0,00	9,12
octanal	t	t				
$\alpha$ -felandreno	0,22	0,18	0,16	0,18	0,03	16,25
acetato de hexilo	t	t				
$\delta$ -3-careno		t	t			
$\alpha$ -terpineno	0,18	0,14	0,11	0,14	0,03	21,58
p-cimeno	0,84	1,00	1,14	0,99	0,15	14,87
limoneno	3,05	4,52	4,96	4,18	1,00	23,86
$\beta$ -felandreno	t	t	t			
eucaliptol	3,44	3,92	5,00	4,12	0,80	19,35
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,45	0,41	0,33	0,40	0,06	15,10
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,21	0,15	0,11	0,16	0,05	31,08
$\gamma$ -terpineno	0,48	0,62	0,66	0,59	0,10	16,25
trans-sabineno hidrato	1,95	1,01	0,68	1,21	0,66	54,57
óxido de linalol	0,18	0,13	0,07	0,13	0,06	45,00
canfenilona	t	t				
terpinoleno	0,50	0,47	0,44	0,47	0,03	6,35
linalol	1,13	0,66	0,34	0,71	0,40	55,94
acetato de 1-octen-3-ilo			t			
$\alpha$ -canfolenal	0,15	0,11	0,10	0,12	0,03	22,24

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
alcanfor	35,13	34,96	30,11	33,40	2,85	8,53
mentona	t					
isoborneol	t	t	t			
trans-pinocanfona	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	9,55
pinocarvona	0,15	0,11	0,10	0,12	0,03	26,51
borneol	6,16	5,99	5,42	5,86	0,39	6,61
isomentona	t					
mentol	0,04	0,03	t			
terpinen-4-ol	1,38	1,21	1,10	1,23	0,14	11,63
butirato de hexilo		t				
criptona			t			
p-metil acetofenona	t	t	t			
p-cimen-8-ol	0,26	0,18	0,16	0,20	0,05	26,78
$\alpha$ -terpineol	1,05	0,63	0,31	0,66	0,37	55,99
mirtenol	0,20	0,18	0,12	0,17	0,04	24,45
decanal	0,18	0,09	0,07	0,11	0,06	51,70
verbenona	0,10	0,09	0,06	0,08	0,02	25,24
trans-carveol	0,09	0,07	0,04	0,07	0,02	31,77
nerol	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	26,96
formiato de isobornilo	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	38,19
cis-carveol			t			
2-metil butirato de hexilo	t	t				
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,11	0,10	0,09	0,10	0,01	11,03
isovalerianato de hexilo		0,03	0,03			
neral	t	t				
aldehído cumínico	0,01	t				
carvona	0,07	0,05	0,04	0,05	0,02	30,77
carvotanacetona			t			
geraniol	0,42	0,37	0,30	0,36	0,06	15,65
acetato de linalilo	t	t	t			
geranial	0,08	0,06	0,03	0,06	0,03	43,84
acetato de bornilo	2,19	2,06	1,95	2,07	0,12	5,91
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,14	0,20	0,28	0,20	0,07	34,45
eugenol	0,02	0,01	t			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	15,20
propionato de isobornilo	0,15	0,12	0,09	0,12	0,03	24,17
acetato de geranilo	0,10	0,10	0,09	0,10	0,01	6,34
caproato de hexilo	t	t	t			
$\beta$ -bourboneno	0,03	t	t			

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
7-epi-sesquiterpeneo	t	0,02	0,05			
isovalerianato de bencilo	0,05	0,05	0,02	0,04	0,02	44,10
cis-jasmona	t	t	t			
isocariofileno	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	27,74
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,05	0,04	0,03	0,04	0,01	16,43
$\beta$ -cariofileno	4,82	5,01	5,41	5,08	0,30	5,96
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	6,66
cumarina			t			
propionato de nerilo	t	0,01	0,02			
$\alpha$ -humuleno	0,62	0,68	0,70	0,67	0,04	6,37
allo-aromadendreno	t	t				
propionato de geranilo	0,23	0,25	0,25	0,24	0,01	6,00
ar-curcumeno	0,13	0,15	0,18	0,15	0,03	17,52
(Z,E)- $\alpha$ -farneseno		t				
viridifloreo		0,02	0,02			
biclogermacreno	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	25,80
$\beta$ -bisaboleno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	17,29
(E,E)- $\alpha$ -farneseno			t			
isobutirato de geranilo		t	t			
$\beta$ -curcumeno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
butirato de geranilo		t	t			
benzoato de cis-3-hexenilo		t				
benzoato de hexilo		t	t			
espatulenol	0,26	0,26	0,22	0,24	0,02	9,97
óxido de cariofileno	2,30	2,06	2,00	2,12	0,16	7,47
viridiflorol	4,52	4,05	3,68	4,08	0,42	10,31
isovalerianato de nerilo	t					
isovalerianato de geranilo		0,11	0,12			
humuleno epóxido	0,35	0,39	0,40	0,38	0,02	6,16
cariofiladienol	0,09	0,09	0,08	0,08	0,01	8,48
abietatrieno	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	34,78
abietadieno	t					
Total de componentes identificados	81,92	85,53	90,41	85,95	4,26	4,96

**Tabla 18.** Método extractivo DES: tercer año.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal			t			
furfural	0,04	0,01	t			
trans-2-hexenal	t	t	0,01			
cis-3-hexenol	0,02	t	t			
hexanol	t	t	0,01			
salveno			t			
triciclono	0,08	0,21	0,33	0,21	0,12	59,89
$\alpha$ -tuyeno	0,05	0,10	0,18	0,11	0,07	60,76
$\alpha$ -pineno	2,91	4,25	8,18	5,11	2,74	53,57
canfeno	3,61	4,52	8,40	5,51	2,54	46,17
2,4(10)-tuyadieno	0,03	0,04	0,04	0,04	0,00	11,43
sabineno	0,22	0,26	0,27	0,25	0,02	9,72
1-octen-3-ol	t		t			
$\beta$ -pineno	0,98	1,26	2,22	1,49	0,65	43,71
3-octanona	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	4,38
metil heptenona	t	t	t			
mirreno	0,77	1,22	3,42	1,80	1,42	78,87
3-octanol	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00	10,26
octanal	0,02	0,01	t	0,01	0,00	32,64
$\alpha$ -felandreno	0,24	0,21	0,17	0,20	0,03	16,96
acetato de hexilo	0,02	0,01	t	0,02	0,01	47,14
$\delta$ -3-careno	0,01	t	t			
$\alpha$ -terpineno	0,22	0,23	0,23	0,23	0,00	2,17
p-cimeno	0,76	0,94	1,01	0,90	0,13	14,71
limoneno	3,18	3,66	4,19	3,68	0,51	13,77
$\beta$ -felandreno	t	0,01	0,08			
eucaliptol	1,43	3,84	4,50	3,26	1,62	49,69
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,48	0,41	0,32	0,40	0,08	20,53
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,15	0,11	0,09	0,12	0,03	25,10
$\gamma$ -terpineno	0,53	0,60	0,66	0,60	0,07	11,20
trans-sabineno hidrato	2,26	1,00	0,76	1,34	0,81	60,14
óxido de linalol	0,21	0,17	0,08	0,15	0,06	42,00
canfenilona	0,06	0,05	0,05	0,05	0,00	8,77
terpinoleno	0,54	0,48	0,43	0,48	0,06	11,67
linalol	2,29	1,55	0,84	1,56	0,72	46,38
hotrienol	0,11	0,08				
$\alpha$ -canfolenal	0,37	0,32	0,27	0,32	0,05	16,20
alcanfor	42,84	40,12	38,52	40,49	2,18	5,39

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
mentona	0,11	0,08				
isoborneol	0,09	0,06	0,06	0,07	0,02	22,05
trans-pinocanfona	0,05	0,04	0,03	0,04	0,01	16,54
pinocarvona	0,20	0,18	0,12	0,17	0,04	25,06
borneol	6,41	6,01	5,53	5,98	0,44	7,40
isomentona	t					
mentol	0,13	0,11	0,11	0,12	0,01	9,90
terpinen-4-ol	1,95	1,66	1,38	1,66	0,28	17,13
p-metil acetofenona	t	t	t			
p-cimen-8-ol	0,43	0,34	0,26	0,34	0,09	25,34
$\alpha$ -terpineol	1,18	0,83	0,39	0,80	0,40	49,86
mirtenol	0,25	0,20	0,15	0,20	0,05	24,32
decanal	0,22	0,17	0,12	0,17	0,05	30,18
verbenona	0,30	0,26	0,19	0,25	0,06	22,33
trans-carveol	0,20	0,19	0,17	0,18	0,02	8,39
nerol	0,05	0,04	0,03	0,04	0,01	24,12
formiato de isobornilo	0,07	0,05	0,04	0,05	0,02	28,77
2-metil butirato de hexilo	t	t	t			
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,14	0,12	0,10	0,12	0,02	16,90
isovalerianato de hexilo	0,05	0,06	0,10	0,07	0,03	39,23
neral	0,07	0,06	0,03	0,05	0,02	39,11
aldehído cumínico	0,10	0,08	0,06	0,08	0,02	29,50
carvona	0,19	0,18	0,15	0,17	0,02	11,40
carvotanacetona	t		t			
geraniol	0,45	0,40	0,33	0,39	0,06	15,33
acetato de linalilo	0,02	t	t			
geranial	0,09	0,07	0,06	0,08	0,02	22,21
aldehído perilla						
acetato de bornilo	1,67	1,61	1,55	1,61	0,06	3,95
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,05	0,19	0,24	0,16	0,10	61,39
eugenol	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	41,16
acetato de nerilo	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	21,57
propionato de isobornilo	0,14	0,12	0,09	0,12	0,03	23,15
acetato de geranilo	0,07	0,07	0,05	0,06	0,01	14,32
caproato de hexilo	t	t	t			
$\beta$ -bourboneno	0,02	0,01	t			
7-epi-sesquituyeno	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	10,83
isovalerianato de bencilo	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	31,79
cis-jasmona	0,01	t	t			

Componentes	25%	50%	75%	Media	Desviación estándar	% Desviación
isocariofileno	0,02	0,01	t			
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	5,00
$\beta$ -cariofileno	1,55	1,88	2,19	1,87	0,32	16,91
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
cumarina			t			
propionato de nerilo	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	9,90
$\alpha$ -humuleno	0,70	0,71	0,72	0,71	0,01	1,28
allo-aromadendreno	0,08	0,06	0,03	0,06	0,02	42,21
propionato de geranilo	0,18	0,19	0,19	0,18	0,01	4,09
ar-curcumeno	0,08	0,10	0,10	0,09	0,01	12,56
viridifloreno	0,06	0,04	0,03	0,04	0,02	39,94
biciclogermacreno	0,05	0,04	0,02	0,04	0,02	42,48
$\beta$ -bisaboleno	0,04	0,04	0,03	0,04	0,00	5,84
isobutirato de geranilo	0,03	0,03	0,06	0,04	0,02	48,41
$\beta$ -curcumeno	0,02	0,03	0,04	0,03	0,01	29,91
espatulenol	0,25	0,25	0,24	0,25	0,00	1,76
óxido de cariofileno	2,20	2,15	2,02	2,12	0,09	4,43
viridiflorol	3,99	3,01	2,40	3,13	0,80	25,62
isovalerianato de nerilo	0,06	0,03	0,01	0,03	0,03	75,50
isovalerianato de geranilo			0,11			
humuleno epóxido	0,47	0,48	0,49	0,48	0,01	1,46
cariofiladienol	0,24	0,23	0,22	0,23	0,01	4,92
abietatrieno	0,01	t	t			
abietadieno		t				
Total de componentes identificados	89,40	88,29	95,68	91,12	3,99	4,37

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 19.** Componentes del extracto obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos correspondiente al nivel de poda del 50% del segundo año de cultivo.

Componentes	%		%
cis-3-hexenol	0,01	carvona	0,05
hexanol	0,01	geraniol	0,38
triciclono	0,08	geranial	0,07
$\alpha$ -tuyeno	0,43	acetato de bornilo	2,70
$\alpha$ -pineno	3,40	acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,31
canfeno	2,64	eugenol	0,01
2,4(10)-tuyadieno	0,01	acetato de nerilo	0,04
sabineno	0,43	propionato de isobornilo	0,15
$\beta$ -pineno	1,20	acetato de geranilo	0,20
3-octanona	0,12	$\beta$ -bourboneno	0,04
mirceno	0,89	isocariofileno	0,04
3-octanol	0,02	cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,09
$\alpha$ -felandreno	0,08	$\beta$ -cariofileno	4,48
$\alpha$ -terpineno	0,19	trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,05
p-cimeno	0,86	propionato de nerilo	0,03
limoneno	1,01	$\alpha$ -humuleno	1,23
$\beta$ -felandreno	0,05	allo-aromadendreno	0,02
eucaliptol	9,73	propionato de geranilo	0,40
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,06	ar-curcumeno	0,45
(E)- $\beta$ -ocimeno	0,04	acetovanillona	0,04
$\gamma$ -terpineno	0,40	(Z,E)- $\alpha$ -farneseno	0,09
trans-sabineno hidrato	0,04	$\beta$ -bisaboleno	0,05
óxido de linalol	0,07	(E,E)- $\alpha$ -farneseno	0,03
canfenilona	0,03	$\beta$ -curcumeno	0,16
terpinoleno	0,21	butirato de geranilo	0,08
linalol	0,61	benzoato de hexilo	0,02
$\alpha$ -canfolenal	0,25	espatulenol	0,07
alcanfor	31,91	óxido de cariofileno	3,67
isoborneol	0,12	viridiflorol	1,83
trans-pinocanfona	0,02	isovalerianato de nerilo	0,14
pinocarvona	0,07	isovalerianato de geranilo	0,15
borneol	7,47	humuleno epóxido	0,62
terpinen-4-ol	2,55	cariofiladienol	0,27
p-cimen-8-ol	0,19	jasmonato de metilo	0,05
$\alpha$ -terpineol	0,63	tiglato de geranilo	0,16
mirtenol	0,24	miristato de etilo	0,06
verbenona	0,13	palmitato de etilo	0,40
trans-carveol	0,19	abietatrieno	0,33
nerol	0,03	abietadieno	0,16
formiato de isobornilo	0,23	linoleato de etilo	0,43
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,12	estearato de etilo	0,10
isovalerianato de hexilo	0,11	dehidroabietal	0,52
neral	0,01	dehidroabietol	1,12
aldehído cumínico	0,01		
		% total	88,11

\*No se incluyen los componentes presentes como trazas

**Tabla 20.** Análisis cromatográfico comparativo de los tres métodos extractivos (poda 50%-segundo año).

Componentes	HD	DES	CO2	Media	Desviación estándar	% Desviación
hexanal	t					
trans-2-hexenal	0,02					
cis-3-hexenol	t		0,01			
hexanol	0,01	t	0,01			
salveno	t					
triciclono	0,37	0,12	0,08	0,19	0,16	83,38
$\alpha$ -tuyeno	0,99	0,09	0,43	0,50	0,46	91,11
$\alpha$ -pineno	11,83	4,16	3,40	6,46	4,67	72,18
canfeno	8,43	4,34	2,64	5,13	2,98	58,01
2,4(10)-tuyadieno	0,05	0,04	0,01	0,03	0,02	58,99
sabineno	1,22	0,37	0,43	0,67	0,48	70,50
1-octen-3-ol		t				
$\beta$ -pineno	3,40	1,69	1,20	2,10	1,15	55,06
3-octanona	0,09	0,04	0,12	0,08	0,04	51,79
metil heptenona		t				
mirreno	2,57	1,33	0,89	1,60	0,87	54,30
3-octanol	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	38,49
octanal		t				
$\alpha$ -felandreno	0,18	0,18	0,08	0,15	0,06	39,72
acetato de hexilo	0,01	t	t			
$\delta$ -3-careno	t	t				
$\alpha$ -terpineno	0,22	0,14	0,19	0,18	0,04	21,96
p-cimeno	1,65	1,00	0,86	1,17	0,43	36,45
limoneno	4,58	4,52	1,01	3,37	2,05	60,78
$\beta$ -felandreno	0,30	t	0,05			
eucaliptol	6,00	3,92	9,73	6,55	2,94	44,94
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,41	0,41	0,06	0,29	0,20	69,44
(Z)- $\beta$ -ocimeno	0,16	0,15	0,04	0,12	0,07	59,31
$\gamma$ -terpineno	0,99	0,62	0,40	0,67	0,30	44,15
trans-sabineno hidrato	0,31	1,01	0,04	0,46	0,50	109,39
óxido de linalol	0,03	0,13	0,07	0,08	0,05	62,76
canfenilona	0,02	t	0,03			
terpinoleno	0,44	0,47	0,21	0,37	0,14	38,33
linalol	0,64	0,66	0,61	0,64	0,02	3,58
$\alpha$ -canfolenal	0,23	0,11	0,25	0,20	0,08	37,88
alcanfor	26,18	34,96	31,91	31,01	4,46	14,37
isoborneol	0,06	t	0,12			
trans-pinocanfona	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	27,13

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

Componentes	HD	DES	CO2	Media	Desv estándar	% Desviación
pinocarvona	0,05	0,11	0,07	0,07	0,03	40,01
borneol	5,14	5,99	7,47	6,20	1,18	19,02
mentol	0,07	0,03				
terpinen-4-ol	1,33	1,21	2,55	1,70	0,74	43,77
butirato de hexilo	0,03	t				
criptona	0,01					
p-metil acetofenona		t				
p-cimen-8-ol	0,09	0,18	0,19	0,15	0,06	38,12
$\alpha$ -terpineol	0,45	0,63	0,63	0,57	0,10	17,80
salicilato de metilo	t					
mirtenol	0,13	0,18	0,24	0,18	0,05	28,75
decanal		0,09				
verbenona	0,03	0,09	0,13	0,08	0,05	58,48
trans-carveol	0,07	0,07	0,19	0,11	0,07	60,62
nerol	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	22,05
formiato de isobornilo	0,07	0,03	0,23	0,11	0,11	97,92
cis-carveol	t					
2-metil butirato de hexilo		t				
isovalerianato de cis-3-hexenilo	0,08	0,10	0,12	0,10	0,02	19,29
isovalerianato de hexilo	0,03	0,03	0,11	0,06	0,05	82,62
neral	t	t	t			
aldehído cumínico	t	t	t			
carvona	0,03	0,05	0,05	0,05	0,01	25,94
carvotanacetona	t					
geraniol	0,28	0,37	0,38	0,34	0,05	15,65
acetato de linalilo		t				
geranial	0,06	0,06	0,07	0,07	0,01	10,86
acetato de bornilo	1,99	2,06	2,70	2,25	0,39	17,34
acetato de sabinilo	0,03					
figlato de hexilo	t					
acetato de $\alpha$ -terpenilo	0,16	0,20	0,31	0,22	0,07	32,50
eugenol	t	0,01	0,01			
acetato de nerilo	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	21,05
propionato de isobornilo	0,11	0,12	0,15	0,12	0,02	16,74
acetato de geranilo	0,12	0,10	0,20	0,14	0,05	39,23
caproato de hexilo	t	t				
$\beta$ -bourboneno	0,01	t	0,04			
7-epi-sesquituyeno	0,06	0,02				
isovalerianato de bencilo	0,02	0,05	t			
cis-jasmona	0,02	t	t			

Componentes	HD	DES	CO2	Media	Desv estándar	% Desviación
isocariofileno	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	45,89
cis- $\alpha$ -bergamoteno	0,08	0,04	0,09	0,07	0,03	40,41
$\beta$ -cariofileno	4,76	5,01	4,48	4,75	0,26	5,55
trans- $\alpha$ -bergamoteno	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	47,93
cumarina			t			
propionato de nerilo	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	44,13
$\alpha$ -humuleno	0,75	0,68	1,23	0,89	0,30	33,77
allo-aromadendreno		t	0,02			
propionato de geranilo	0,52	0,25	0,40	0,39	0,14	35,01
ar-curcumeno	0,37	0,15	0,45	0,32	0,16	49,15
acetovanillona			0,04			
( <i>Z,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,05	t	0,09			
viridifloreño		0,02				
biclogermacreno		0,02				
$\beta$ -bisaboleno	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	60,35
( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -farneseno	0,03		0,03			
isobutirato de geranilo		t				
$\beta$ -curcumeno	0,01	0,02	0,16	0,06	0,08	132,42
butirato de geranilo	0,04	t	0,08			
benzoato de cis-3-hexenilo	t	t	t			
benzoato de hexilo	0,02	t	0,02			
espatulenol	0,08	0,26	0,07	0,14	0,10	77,73
óxido de cariofileno	1,55	2,06	3,67	2,43	1,11	45,57
viridiflorol	4,63	4,05	1,83	3,50	1,48	42,19
isovalerianato de nerilo			0,14			
isovalerianato de geranilo	0,09	0,11	0,15	0,11	0,03	26,59
humuleno epóxido	0,25	0,39	0,62	0,42	0,19	44,52
cariofiladienol		0,09	0,27			
jasmonato de metilo			0,05			
tiglato de geranilo	0,01		0,16			
miristato de etilo			0,06			
palmitato de etilo			0,40			
abietatrieno	0,04	0,02	0,33	0,13	0,17	137,23
abietadieno	t		0,16			
linoleato de etilo			0,43			
estearato de etilo			0,10			
dehidroabietal	0,01		0,52			
dehidroabietol	0,04		1,12			
Total de componentes identificados	95,43	85,53	88,10	89,69	5,14	5,73

*Salvia lavandulaefolia* Vahl ssp. *oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección.

**Tabla 21.** Datos correspondientes a la producción de biomasa según los distintos años de cultivo y nivel de poda, porcentaje de MS y producción de MS expresada en kg/ha.

	Producción Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )			% MS			Producción MS (kg ha <sup>-1</sup> )		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%
<b>Año 0</b>	1353,1	2502,1	3960,4	60,4	46,3	56,1	817,1	1158,0	2221,8
<b>Año 1°</b>	225,0	606,3	-	61,0	45,5	-	137,3	275,9	-
<b>Año 2°</b>	296,0	763,9	565,7	60,5	46,0	55,0	179,1	351,4	311,1
<b>Año 3°</b>	1230,0	2450,0		60,0	45,0	-	738,0	1102,5	-
Medias	776,0	1581,0	1131,5	60,0	46,0	56,0	468,0	722,0	633,2

**Tabla 22.** Datos correspondientes a precipitación, precipitación erosiva y  $\sum EI_{30}$ , escorrentía y pérdida de suelo, expresada en kg/ha.

	Precip (l)	Precip Erosiva (l)	$\sum EI_{30}$ Precip. Eros.	Escorrentía (l ha <sup>-1</sup> )				Pérdida de suelo (kg ha <sup>-1</sup> )			
				0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%
<b>Año 0</b>	712,8	478,6	227,5	135405	139772	166786	472798	576,3	1233,2	975,2	3138,1
<b>Año 1°</b>	431,7	282,8	103,2	63299	64736	88085	131976	233,2	291,9	508,0	414,5
<b>Año 2°</b>	345,1	352,8	102,6	47383	48005	91506	138374	166,3	212,8	318,5	372,5
<b>Año 3°</b>	636,6	344,9	71,1	15260	16675	20574	-	55,7	62,6	74,7	-
Media				65337	67297	91738	247716	258	450	469	1308
Variación relativa				1	1,03	1,40	3,79	1	1,75	1,82	5,07

# **BIBLIOGRAFÍA**

---



- Abou-Jawdah Y, Sobh H, Salameh A. (2002). Antimycotic activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. *J Agric Food Chem.* 50: 3208-3213.
- Adams RP. (2001). Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectrometry. Carol Stream, Allured Publ. Corp., Illinois.
- Adzet T, Martínez F. (1980). Luteolín and G-hydroxyluteolin: Taxonomically important flavones in the genus *Thymus*. *Planta Med.* Suppl. 52.
- Aguilar J, Haro S, Maraños A, Fernández J. (1988). Capacidad de uso agrícola y forestal de los suelos de la Alpujarra. II Congreso de la Ciencia del suelo.
- Albadalejo J, Ortiz Silla R, Martínez-Mena M. (1988). Evaluation and mapping of erosion risks: an example from S.E. Spain. *Soil Technology* 1: 77-87.
- Apel MA, Sobral M, Schapoval EES, Henriques AT, Menut C, Bessiere JM. (2004). Essential Oils from *Eugenia* Species-Part VII: Sections Phyllocalyx and Stenocalyx. *J Ess Oil Res.* 16: 135-138.
- Arnaudo JF. (1991). The taste of nature. En: Industrial methods of natural products extraction. Biolandes, Labrit, France.
- Attaway JA, Barabas LJ, Wolford RW. (1965). Analysis of terpenes hydrocarbons by thin-layer chromatography. *Anal Chem.* 37: 1289-1290.
- Baerheim Svendsen AB, Merckx YM. (1990). Recovery of some polar volatile compounds by combined hydrodistillation-solvent extraction using a *Likens-Nickerson* apparatus. *Sci Pharm.* 59: 25-28.
- Baig MA., Banthorpe DV, Branch SA. (1989). Hemi and mono-terpenes from callus cultures of *Santolina chamaecyparissus*. *Fitoter.* 2: 184-186.
- Barazandeh MM. (2004). Essential Oil Composition of *Thymus fallax* Fisch. et C.A. Mey. from Iran. *J Ess Oil Res.* 16: 101-102.
- Barrero AF, Sánchez JF, Arana E. (1988). Germacranolides from *Santolina rosmarinifolia* subsp. *canescens*. *Phytochem.* 12: 3969-3970.

Bartsch A, Hammerschmidt FJ. (1993). Separation of Fragrance Materials from Perfumed Consumer Products. *Perfumer & Flavorist* 3: 41-48.

Baser KHC. (2002). Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure Appl Chem.* 4: 527-545.

Behura S, Srivastava VK. (2004). Essential Oils of Leaves of *Curcuma* Species. *J Ess Oil Res.* 16: 109-110.

Blanco M, Estirado F. (1982). Los matorrales del sureste español y su grado de protección al suelo. Documento interno Estacion Experimental Forestal de Lanjarón. Comunicación personal.

Bordás V, Sánchez J. (1988). Estudio comparativo sobre diferentes métodos de valoración de la erosión hídrica en unas áreas piloto representativas de la provincia de Valencia (España). *An Edafol Agrobiol.* 46: 1277-1290.

Brasseur T. (1983). Etudes botaniques, phytochimiques et pharmacologiques consacrées au Thym. *J Pharma Belg.* 38: 261.

Brophy J, Goldsack R, Foster P. (2004). Essential Oils from Leaves of Some Queensland *Annonaceae*, *J Ess Oil Res.* 16: 95-100.

Brophy JJ, Goldsack RJ, Copeland LM, Palá-Paúl J. (2003). Essential Oils of *Eryngium* L Species from New South Wales (Australia). *J Ess Oil Res.* 15: 392-397.

Bubbenzer GD, Jones BA. (1971). Drop Size and Impact Velocity Effects on the Detachment of Soils Under Simulated Rainfall. *Transactions of the ASAE* 4: 625-628.

Cabo J, Bravo L, Jiménez J, Navarro, MC. (1980). *Thymus hyemalis* Lange. I. Estudio histológico e histoquímico. *Pharm Med.* 12: 549-554.

Cabo J, Cabo MM, Crespo ME, Jiménez J, Navarro MC. (1986a). *Thymus granatensis* Boiss. I. Étude qualitative et quantitative de son huile essentielle. *Plantes Med Phytother.* 20: 18-24.

Cabo J, Cabo MM, Crespo ME, Jiménez J, Navarro MC. (1986d). *Thymus granatensis* Boiss. II. Étude de son cycle évolutif. *Plantes Med Phytother.* 20: 129-134.

- Cabo J, Cabo MM, Crespo ME, Jiménez J, Zarzuelo A. (1986b). *Thymus granatensis*. IV. Pharmacodynamic study of its essential oil. *Fitoter.* 57: 173-178.
- Cabo J, Cespo ME, Jiménez J, Navarro MC, Risco S. (1987a). Seasonal variation of essential oil yield and composition of *Thymus hyemalis* Lange. *Planta Med.* 53: 380-382.
- Cabo J, Cespo ME, Jiménez J, Navarro MC. (1986e). A study of the essences from *Thymus hyemalis* collected in three different localities. *Fitoter.* 57: 117-119.
- Cabo J, Crespo E, Jiménez J, Navarro MC, Zarzuelo A. (1987b). A pharmacodynamic study of the *Thymus orospedanus*. *Fitoter.* 58: 39-44.
- Cabo J, Crespo ME, Zarzuelo A. (1986c). The spasmolytic activity of various aromatic plants from the province of Granada. I. - The activity of the major components of their essential oil. *Plantas Med Phytother.* 20: 213-218.
- Cañigueral S, Iglesias J, Hamburger M, Hostettmann K. (1989). Phenolic Constituents of *Salvia lavandulifolia* ssp. *lavandulifolia*. *Planta Med.* 55: 92.
- CORINE-CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES). (1992). CORINE soil erosion risk and important land resources. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and soil erosion risk. Office for Official Publications of the European Communities. EUR 13233. Luxemburg.
- Couladis M, Tzakou O, Verykokidou E, Harvala C. (2003). Screening of some Greek aromatic plants for antioxidant activity. *Phytother Res.* 2: 194-195.
- Crespo ME, Gomis E, Jiménez J, Navarro MC. (1988). The essential oil of *Thymus serpylloides* ssp. *gadorensis*. *Planta Med.* 2: 161-162.
- Crespo ME, Jimenez J, Gomis E, Navarro MC. (1990). Antibacterial activity of the essential oil of *Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis*. *Microbios.* 61: 182-184.
- Crespo ME, Jiménez J, Navarro MC, Zarzuelo A. (1986). The essential oil of *Salvia lavandulifolia* ssp. *oxyodon*. A study of its vegetative cycle. *Planta Med.* 52: 367-369.
- Crespo ME, Jiménez J, Navarro MC. (1991). Special Methods for the Essential Oils of the Genus *Thymus*. En: Modern Methods of Plant Analysis. Vol 12. Essential Oils and Waxes. Linskens HF, Jackson JF (eds), Springer-Verlag. Berlín, pp: 41-61.

Cruz, T. Cabo MM, Jiménez J, Zarzuelo A. (1990). Composition and pharmacological activity of the essential oil of *Satureja obovata*. II. Spasmolytic Activity. *Fitoter.* 61: 247-251.

Cuadros S, Martínez A, Francia JR. (1991). Control de la erosión hídrica en cultivos de almendro en fuertes pendientes. Actas III Simposio sobre el Agua en Andalucía. Córdoba. V(I): 131-138.

Dabrio, M.V. (1973). Cromatografía de gases II. Ed. Alhambra, S.A, Madrid.

Das G, Agarwal A. (1990). Development of a conceptual sediment graph model. *Transactions of the ASAE* 33: 100-103.

Davies NW. (1990). Gas Chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J Chromatog.* 503: 1-24.

Davies IL, Raynor MW, Kithinji JP, Bartle KD, Williams PT, Andrews GE. (1988). Interfacing LC, SFE, GC, SFC. *Anal. Chem.* 60: 683(A)-702(A).

Demirci B, Baser KHC, Kirimer N. (2004). Composition of the Essential Oil of *Marrubium bourgaei* ssp. *caricum* P.H. Davis. *J Ess Oil Res.* 16: 133-134.

Dissmeyer GE, Foster GR. (1981). Estimating the cover management factor (C) in the Universal Soil Loss Equation for forest conditions. *J Soil Water Conserv.* 36: 235-240.

Dissmeyer GE, Foster GR. (1985). Modifying the universal soil loss equation for forest land. En: Soil Erosion and Conservation. Ed. Soil Conservation Society of America. Iowa, pp: 480-495.

Esteban L. (1993). La Espectrometría de Masas en imágenes. Ed. ACK Editores, Madrid.

Etievant PX, Azar M, Pham-Delegue MH, Masso CJ. (1984). Isolation and identification of volatile constituents of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *J Agric Food Chem.* 32: 503-509.

Exarchou V, Nenadis N, Tsimidou M, Gerothanassis IP, Troganis A, Boskou D. (2002). Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from Greek oregano, Greek sage, and summer savory. *J Agric Food Chem.* 50: 5294-5299.

---

Fenton TE. (1981). Estimating soil erosion by remote sensing techniques. Ed. Soil Conservation Society of America. Iowa, pp: 217-231.

Foster GR, Wischmeier WH. (1974). Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. *Transactions of the ASAE* 17: 305-309.

Foster GR; Meyer L.D, Onstad CA. (1977). An erosion equation derived from basic erosion principles. *Transactions of the ASAE* 20: 678-682.

Foster GR, Meyer LD. (1975). Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. En: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Ed. Agricultural Research Service. USDA, pp: 190-207.

Fournier F. (1960). Climat et érosion. Ed. Presses Universitaires de France. Paris.

Franchek RJ, Biggam PF. (1992). Using USDA Soil Conservation Service county soils data with a Geographic Information System. En: Geographic Information Systems (GIS) and Mapping. Practices and Standards. ASTM STP 1126. Ed. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, pp: 115-121.

Gallardo J. (1989). Usos y conservación de suelos. ITGM. Ingeniería Geoambiental. Madrid, pp: 57-67.

Gallardo, J. (1992) Método para la evaluación de la erosión en tierras agrícolas por medio del perfil edáfico. En: Resúmenes de las Conferencias del Seminario "Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión". Ed. C.S.I.C. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid, pp: 123-126.

Gallart, F. (1992). Medida de flujos de agua y Sedimentos a escala de pequeña cuenca. En: Resúmenes de las Conferencias del Seminario "Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión". Ed. C.S.I.C. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid, pp: 91-96.

García Ruiz, J.M. (1992). Medidas de flujos de agua y sedimentos a escala de parcela. En: Resúmenes de las Conferencias del Seminario "Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión". Ed. C.S.I.C. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid, pp: 83-90.

Gaspar F, Leeke G. (2004). Essential Oil from *Origanum vulgare* L. ssp. *virens* (Hoffm. et Link) letsvaart: Content, Composition and Distribution Within the Bracts. *J Ess Oil Res.* 16: 82-84.

Gaviña M, Torner J. (1966). Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. I. Aceites esenciales de la provincia de Cuenca. Ed. IFIE. Madrid.

Gaviña M, Torner J. (1974). Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. II. Aceites esenciales de la provincia de Guadalajara. Ed. INIA. Madrid.

Gerlach T. (1967). Hillslope throughs for measuring sediment movements. En: Fields methods for the study of slope and fluvial processes. *Révue Géomorfologie Dyn*, 4:173.

Ghannadi A, Hajhashemi V. (2004). Rewiew on some *Lamiaceae* plants of Iranian traditional and folk medicines with anti-inflammatory activity. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, Supplement 2: 63-64.

Ghannadi A, Samsam-Shariat SH, Moattar F. (1999). Composition of the leaf oil of *Salvia hydrangea* DC. Ex Benth. Grown in Iran. *J Ess Oil Res.* 11: 745-746.

Gildemeister E, Hoffmann F. (1966). Die ätherischen Öle. 4th Edition. Ed. Akademie Verlag. Berlin.

Giner RM, Rios JL, Villar A. (1989). Inhibitory effects of *Santolina chamaecyparissus* extracts against spasmogen agonists. *J Ethnopharmacol.* 27: 1-6.

Gisbert JM, Ibáñez S. (2003). Procesos erosivos en la provincia de Alicante. Ed. Generalitat Valenciana.

Guenther E. (1948-1952). The essential oils. Ed. Van Nostrand, Toronto.

Guillén MD, Manzanos MJ. (1999). Extractable Components of the Aerial Parts of *Salvia lavandulifolia* and Composition of the Liquid Smoke Flavoring Obtained from Them. *J Agric Food Chem.* 47: 3016-3027.

Harada K, Mihara S. (1984). The volatile constituents of Freesia flower (*Freesia hybrida* Hort). *Agric Biol Chem*, 48: 2843-2845.

- Hudaib M, Bellardi M, Rubies-Autonell C, Fiori J, Cavrini V. (2001). Chromatographic (GC-MS, HPLC) and virological evaluations of *Salvia sclarea* infected by BBWV-I. *Il Farmaco* 56: 219–227.
- ICONA (1982). Paisajes Erosivos en el Sureste Español: Ensayo de Metodología para el estudio de su calificación y cuantificación. Ed. MAPA. Proyecto LUCDEME. Monografía nº 26, Madrid.
- ICONA (1989). Mapas de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Sur de España. Ed. MAPA, Madrid.
- Ireland BF, Goldsack RJ, Brophy JJ, Fookes JR, Clarkson JR. (2004). The Essential Oils of *Eucalyptus miniata* and Its Allies, *J Ess Oil Res.* 16: 89-94.
- ISO/FDIS 3526:2004(E). Oil of sage, Spanish type (*Salvia lavandulifolia* Vahl), 2004. TC 54. International Organization for Standardization.
- Izco, J. (2004). Botánica. 2ª ed. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid.
- Jennings W, Mittlefehldt E, Stremple P. (1997). Analytical Gas Chromatography. Academic Press, St. Louis.
- Jiménez J, Navarro MC, Montilla MP, Martín A, Martínez A. (1993). *Thymus zygis* oil: its effects on CCl<sub>4</sub>- induced hepatotoxicity and free radical scavenger activity. *J Ess Oil Res.* 5: 153-158.
- Karousou R, Vokou D, Kokkini S. (1998a). Variation of *Salvia fruticosa* essential oils on the island of Crete (Greece). *Bot Acta* 111: 1-5.
- Karousou R, Vokou D, Kokkini S. (1998b) Distribution and essential oils of *Salvia pomifera* subsp. *pomifera* (Labiatae) on the island of Crete (S. Greece). *Biochem Syst Ecol.* 26: 889-897.
- Kirbaslar G, Kisbarlar SI. (2004). Composition of Turkish Bitter Orange and Lemon Leaf Oils. *J Ess Oil Res.* 16: 105-108.
- Kreznor WR, Olson KR, Johnson DL. (1992). Field Evaluation of Methods to Estimate Soil Erosion. *Soil Sci.* 153: 69-80.
- Kumar N, Motto MG. (1986). Volatile constituents of Peony flowers. *Phytochem.* 25: 250-253.

Lawrence BM. (1995). The isolation of aromatic materials from natural plant products. En: A manual on the essential oil industry. Ed. Tuley de Silva, K. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Viena, pp: 57-154.

Lee J. (1989). Isolation, Concentration and Separation Methods for the Volatile Components in Food Flavors. Disertación. University of Massachusetts.

Letchamo W, Korolyuk EA, Tkachev AV. (2004). Chemical Screening of Essential Oil Bearing Flora of Siberia I. Composition of the Essential Oil of *Galatella biflora* (L.) Nees Vegetative Tops from the Altai Region. *J Ess Oil Res.* 16: 141-142.

López ML, Zunino MP, Zygadlo JA, López AG, Lucini EI, Faillaci SM. (2004). Aromatic Plants of Yugas. Part II. Chemical Composition of the Essential Oil of *Phoebe porphyria* (Griseb.) Mez. (Lauraceae). *J Ess Oil Res.* 16: 129-130.

Lu Y, Foo LY. (2000). Flavonoid and phenolic glycosides from *Salvia officinalis*. *Phytochem.* 55: 263-267.

Lundgren L, Stenhagen G. (1982). Leaf volatiles from *Thymus vulgaris*, *Thymus serpyllum*, *Thymus praecox*, *Thymus pulegioides* and *Thymus citroodorus*. (Labiatae). *Nod J Bot.* 2: 445.

Mannering JV (1981). The use of soil loss tolerance as a strategy for soil conservation. Ed. Soil Conservation Problems and Prospects. J. Wiley. New York, pp: 337-349.

Maqua MP, Vines ACG, Caballero E, Grande MC, Medarde M, Bellido IS. (1988). Components from *Santolina rosmarinifolia*, subsps. *rosmarinifolia* and *canescens*. *Phytochem.* 27: 3664-3667.

Marcos Sanz ME, García Vallejo MC, Muñoz F, Polo Díez LM. (1988). Essential Oils of *Salvia lavandulaefolia* Vahl. En: Flavors and Fragrances: a World Perspective. Proceeding of the 10th International Congress of Essential Oils, Fragrances & Flavors, Washington, USA, 10-20 Nov 1986. Ed. Elseiver. Amsterdam, pp: 147-160.

Martínez-Raya A, Francia JR. (1997). Efecto de los sistemas de laboreo en la erosión y escorrentía. En: Agricultura de Conservación. Ed. Asociación Española de Laboreo de Conservación/ Suelos Vivos. Córdoba, pp: 173-188.

- Masada Y. (1976). Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. John Wiley, New York.
- Masoudi S, Akhgar MR, Rustaiyan A. (2004a). Essential Oils of *Peucedanum scoparium* (Boiss.) Boiss. and *Serotinocarpum insignis* Mozaffarian. from Iran. *J Ess Oil Res.* 16: 117-119.
- Masoudi S, Rustaiyan A. (2001). Comparative study of the essential oils of five *Salvia* species grown wild in Iran, ISEO 2001. Wroclaw, Poster n° 6.
- Masoudi S, Rustaiyan A, Ameri N. (2004b). Volatile Oils of *Ferulago phialocarpa* Rech. f. et H. Reidl. and *Leutea elbursensis* Mozaffarian from Iran. *J Ess Oil Res.* 16: 143-144.
- Maucorps F. (1990). Mapping of the risk of soil physical degradation in the north / Pas-De-Calais (the scale of 1/250000). *Soil Technology* 3: 221-224.
- McCool DK, Foster GR, Mutchler CK, Meyer LD. (1989). Revised Slope Length Factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE* 32: 1571-1576.
- McHugh MA, Krukonis VJ. (1994). Supercritical Fluid Extraction: Principles and Practice. 2<sup>a</sup> ed. Butterworth-Heinemann. Boston.
- Messerschmidt W. (1964). Gas and thin layer chromatographic investigations of the volatile essential oils of several *Thymus* species. I. Influence of various factors on the formation and variation of the essential oils. *Planta Med.* 12: 501-511.
- Meyer LD, Wischmeier WH. (1969). Mathematical Simulation of the Process of Soil Erosion by Water. *Trans Am Soc Agric Eng.* 12: 754-758.
- Miguel MG, Guerrero C, Rodrigues H, Brito JC, Duarte F, Venâncio F, Tavares R. (2004). Main Components of the Essential Oils from Wild Portuguese *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* in Different Developmental Stages or Under Culture Conditions. *J Ess Oil Res.* 16: 111-114.
- Miladinovic D, Miladinovic LJ. (2000). Antimicrobial activity of essential oil of Sage from Serbia. *Phys Chem Technol.* 2: 97-100.
- Miquel JD, Richard HMJ, Sandret FG. (1976). Volatile constituents of Moroccan Thyme oil. *J Agric Food Chem.* 24: 833-834.

Moreira Madueño JM. (1991). Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía. Ed AMA, Junta de Andalucía, Sevilla.

Morgan RPC. (1992). Process description in erosion models. En: Resúmenes de las Conferencias del Seminario "Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión". Ed. C.S.I.C. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid, pp: 46-54.

Muñoz F. (2000). Plantas medicinales y aromáticas. Estudio, cultivo y procesado. Mundi Prensa. Madrid.

Navarro MC, Zarzuelo A, Jiménez J, Duarte J. (1989). Composition and pharmacological activity of the essential oil of *Satureja obovata* collected in four different localities. *Fitoter.* 60: 277-282.

Navas A, Alberto F, Machin J, Galán A. (1990). Design and Operation of a Rainfall Simulator for Field studies of Runoff and Soil Erosion. *Soil Technology* 3: 385-397.

Navas A. (1992). Técnica de Cesio 137 para cuantificar la erosión en ambientes semiáridos. En: Resúmenes de las Conferencias del Seminario "Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión". Ed. C.S.I.C. Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid, pp: 55-63.

Nearing MA, Bradford JM, Parker SC. (1991). Soil Detachment by Shallow Flow at Low Slopes. *Soil Science Society of America Journal* 55: 339-344.

Ögütveren M, Tetik SS. (2004). Composition of the Essential Oil of *Cistus parviflorus* L. from Turkey. *J Ess Oil Res.* 16: 115-116.

Onstad CA, Foster GR. (1975). Erosion modelling on a Watershed. *Transactions of the ASAE* 18: 288-292.

Orden de 2 de junio de 1997, por la que se regula la recolección de ciertas especies vegetales en los terrenos forestales de propiedad privada en la Comunidad Autónoma de Andalucía, BOJA núm. 71, pp: 7507-7509.

Ortiz F, Socorro O, Arrebola ML. (1988). Estudio del polen recolectado por la abeja doméstica en la Vega de Granada, durante la floración del girasol (*Helianthus annuus* L.). IV Congreso Nacional de Apicultura. Zaragoza.

- Pérez-Alonso MJ, Velasco-Negueruela A. (1988). The essential of four *Santolina* species. *Flavour and Fragrance Journal* 3: 37-42.
- Pérez-Alonso MJ, Velasco-Negueruela A. (1992). Essential oil components of *Santolina chamaecyparissus*. *Flavour and Fragrance Journal* 7: 37-41.
- Perfumi M, Arnold N, Tacconi R. (1991). Hypoglycemic activity of *Salvia fruticosa* Mill. From Cyprus. *J Ethnopharmacol.* 34: 135-140.
- Perry NSL, Cxhloe B, Perry EK, Ballard C. (2003). *Salvia* for dementia therapy: review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial. *Pharmacol Biochem Behav.* 75: 651-659.
- Perry NSL, Houghton PJ, Jenner P, Keith A, Perry EK. (2002). *Salvia lavandulaefolia* essential oil inhibits cholinesterase in vivo. *Phytomed.* 9: 48-51.
- Perry NSL, Houghton PJ, Sampson J, Theobald AE, Hart S, Lis-Balchin M, Hoult JR, Evans P, Jenner P, Milligan S, Perry EK. (2001). In-vitro activity of *Salvia lavandulaefolia* (Spanish sage) relevant to treatment Alzheimer's disease. *J Pharm Pharmacol.* 53: 1347-1356.
- Perry NSL, Houghton PJ, Theobald A, Jenner P, Perry EK. (2000). In-vitro inhibition of human erythrocyte acetylcholinesterase by *Salvia lavandulaefolia* essential oil and constituent terpenes. *J Pharm Pharmacol.* 57: 895-902.
- Piccaglia R, Marotti M, Galletti GC. (1989). Effect of Mineral Fertilizers on the Composition of *Salvia officinalis* Oil. *J Ess Oil Res.* 16: 73-83.
- Pino JA, Fernandes P, Marbot R, Fontinha; SS. (2004b). Chemical Composition of the Leaf Oil of *Ocotea foetens* (Alt.) Benth. et Hook. from Madeira. *J Ess Oil Res.* 16: 131-132.
- Pino JA, Marbot R, Bello A, Urquiola A. (2004a). Essential Oils of *Piper peltata* (L.) Miq. and *Piper aduncum* L. from Cuba. *J Ess Oil Res.* 16: 124-126.
- Pino, JA, Marbot R, Rosado A, Fuentes V. (2004c). Volatile Components of Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Moro Grown in Cuba. *J Ess Oil Res.* 16: 139-140.

Pitarokili D, Couladis M, Petsikos-Panayotarou N, Tzakou O. (2002). Composition and antifungal activity on soil-borne pathogens essential oil of *Salvia sclarea* from Greece. *J Agric Food Chem.* 50: 6688-6691.

Pitarokili D, Tzakou O, Loukis A, Harvala C. (2003). Volatile metabolites from *Salvia fruticosa* as antifungal agents in soilborne pathogens. *J Agric Food Chem.* 51: 3294-3301.

Pybus D, Sell C. (1999). Perfumery Materials of Natural Origin. En: *The Chemistry of Fragrances*. Royal Society of Chemistry. Cambridge, pp: 24-50.

Real Farmacopea Española (2002). 2ª edición. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid, pp: 197.

Ronyai E, Simandi B, Lemberkovics E, Veress T, Patiaka D. (1999). Comparison of the Volatile Composition of Clary Sage oil obtained by Hydrodistillation and Supercritical Fluid Extraction. *J Ess Oil Res.* 11: 69-71.

Rota C, Carraminana JJ, Burillo J, Herrera A. (2004). In vitro antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants against selected foodborne pathogens. *J Food Prot.* 67: 1252-1256.

Roth CH, Meyer B, Frede HG. (1985). A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration and soil loss. *CATENA* 12: 79-85.

Rubio JL, Sánchez J, Sanroque P, Molina MJ. (1984). Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del área mediterránea. I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Vol II, pp: 827-836.

Sairafianpour M, Bahreininejad B, Witt M, Ziegler HL, Jaroszewski JW, Staerk D. (2003). Terpenoids of *Salvia hydrangea*: two new, rearranged 20-norabietanes and the effect of oleanolic acid on erythrocyte membranes. *Planta Med.* 69: 846-850.

Sancho C, Benito G, Gutiérrez M. (1991). Agujas de erosión y perfiladores microtopográficos. Cuadernos Técnicos de la S.E.G., nº 2.

Sanroque P. (1988). Estudio de la Erosionabilidad del Suelo en las Comarcas Septentrionales de la Provincia de Valencia (Camp de Morvedre, Camp de Turia, Los Serranos y Rincón de Ademuz). Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. F. de Ciencias Biológicas.

- Savelev S, Okello E, Perry NS, Wilkins RM, Perry EK. (2003). Synergistic and antagonistic interactions of anticholinesterase terpenoids *Salvia lavandulaefolia* essential oil. *Pharmacol Biochem Behav.* 75: 661-668.
- Savelev SU, Okello EJ, Perry EK. (2004). Butyryl- and acetyl-cholinesterase inhibitory activities in essential oils of *Salvia* species and their constituents. *Phytother Res.* 18: 315-324.
- Saxena G, Barnejee S, Grupta R, ur-Rahman L, Tyagi BR, Kumar S, Mallavarapu GR, Ramesh S. (2004). Composition of the Essential Oils of a New Isomenthone-Rich Variant of Geranium Obtained from Geraniol-Rich Cultivar of *Pelargonium* Species. *J Ess Oil Res.* 16: 85-88.
- Schügerl K. (1994). Solvent extraction in biotechnology: recovery of primary and secondary metabolites. Ed. Springer-Verlag, Berlin.
- Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Eglling SB, Teranishi R. (1977). Isolation of volatile components from a model system. *J Agric Food Chem.* 25: 446-449.
- Sefidkon F, Abdoli M. (2004). Essential Oil Composition of *Azilia eryngiodes* (Pau) Hedge et Lamond from Iran. *J Ess Oil Res.* 16: 103-104.
- Silverstein RM, Bassler GC, Morrill TC. (1997). Spectrometric identification of organic compounds, 6<sup>a</sup> ed. John Wiley & Son, New York.
- Skoula M, El Hilali I, Makris AM. (1999). Evaluation of the genetic diversity of *Salvia fruticosa* Mill. clones using RAPD markers and comparison with the essential oil profiles. *Biochem Syst Ecol.* 27: 559-568.
- Skoula M, Abbes JE, Johnson CB. (2000). Genetic variation of volatiles and rosmarinic acid in populations of *Salvia fruticosa* Mill growing in Crete. *Biochem Syst Ecol.* 28: 551-561.
- Socorro O, Espinar MC, Cano L, Arrebola ML, (1988a). Algunos pólenes de plantas melitófilas de la Alpujarra Granadina. VII. Simposio de Palinología. (A.P.L.E.) Granada.
- Socorro O, Espinar MC, Cano L, Arrebola ML, (1988b). Estudio palinológico de algunas labiadas melitófilas de la Alpujarra Granadina. IV Congreso Nacional de Apicultura. Zaragoza.

Socorro O, Espinar MC, Cano L, Arrebola ML. (1988c). Vegetación y flora apícola de la Alpujarra Granadina. IV Congreso Nacional de Apicultura. Zaragoza.

Socorro O, Zafra ML, Arrebola ML, Cano L, Espinar MC. (1989). Acerca del origen botánico de algunos pólenes de interés en dietética comercializados en España. I Simposio Nacional Farmacéutico sobre Plantas Medicinales. Madrid.

Sokovic M, Tzakou O, Pitarokili D, Couladis M. (2002). Antifungal activities of selected aromatic plants growing wild in Greece. *Nahrung*. 46: 317-320.

Sutherland RA, Kowalchuk T, Jong E. (1991). Cesium-137 estimates of sediment redistribution by wind. *Soil Sci*. 151: 387-396.

Tabanca N, Kürkcüoğlu M, Baser KHC, Tümen G, Duman H. (2004). Composition of the Essential Oils of *Satureja spinosa* L. *J Ess Oil Res*. 16: 127-128.

Tepe B, Donmez E, Unlu M, Candan F, Daferera D, Vardar-Unlu G, Polissiou M, Sokmen A. (2004). Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food Chem*. 84: 519-525.

Thornes JB. (1976). Semi-arid erosional systems: case studies from Spain. Geographical Papers nº 7. Ed. London School of Economics and Political Science.

Tildesley NTJ, Kennedy DO, Perry EK, Ballard CG, Salevev S, Wesnes KA, Scholey AB. (2003). *Salvia lavandulaefolia* (Spanish Sage) enhances memory in healthy young volunteers. *Pharmacol Biochem Behav*. 75: 669-674.

Tildesley NTJ, Kennedy DO, Perry EK, Ballard CG, Wesnes KA, Scholey AB. (2005). Positive modulation of mood and cognitive performance following administration of acute doses of *Salvia lavandulaefolia* essential oil to healthy young volunteers. *Physiol Behav*. 83: 699-709.

Tomás-Lorente F, García-Grau MM, Tomás Barberán FA. (1988). The wastes of the industrial treatment of *Salvia lavandulaefolia* as a source of biologically active flavonoids. *Fitoter*. 59: 62-64.

Trustrum NA. (1982). The Use of Aerial Photographs for Erosion Identification and Assessment. En: Remote Sensing Workshop for Soil Conservation. Ed. Water&Soil Misc. Pub. nº 52, pp: 95-99.

- Tsankova ET, Konaktchiev AN, Genova EM. (1994). Constituents of Essential Oils from Three *Salvia* Species. *J Ess Oil Res.* 6: 375-378.
- Tucker AO, Maciarelo MJ, Zanoni TA. (2004). Volatile Oil of Flowering Branches of *Nashia inaguensis* Millsp. (Verbenaceae) of the Bahamas. *J Ess Oil Res.* 16: 120-121.
- Ulubelen A, Topcu G, Johansson CB. (1997). Norditerpenoids and diterpenoids from *Salvia multicaulis* with antituberculous activity. *J Nat Prod.* 60: 1275-1280.
- UNE 84310:2001. Aceites Esenciales. Aceite Esencial de Salvia española (*Salvia lavandulifolia* Vahl). AEN/CTN 84 – Aceites esenciales y Productos Cosméticos. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Utrilla MP, Navarro MC, Jiménez J, Montilla MP, Martín A. (1995). Santolindiacetylene, a polyacetylene derivative isolated from the essential oil of *Santolina canescens*. *J Nat Prod.* 58: 1749-1752.
- Vargas L, Velasco-Negueruela A, Pérez-Alonso MJ, Palá-Paúl J, García Vallejo MC. (2004). Essential Oil Composition of the Leaves and Spikes of *Piper carpunya* Ruiz et Pavón (Piperaceae) from Peru. *J Ess Oil Res.* 16: 122-123.
- Verderio E, Venturini D. (1965). Thin layer chromatography on mandarin essential oil. *Riv Ital EPPOS* 47: 430-434.
- Von Schantz M, Lopmeri A, Stroemer E, Salonen R, Brunni S. (1962). Separation and identification of the constituents of some essential oils by thin layer chromatography. *Farm Aikakauslehti* 71: 52-88.
- Wagner H, Bladt S, Zgainski EM. (1996). Plant drug analysis. A thin layer chromatography atlas. 2<sup>a</sup> ed. Springer-Verlag, Berlín.
- Weismiller, R.A.; Van Scoyoc, G.E.; Pazar, S.E.; Llatz, K., Baumgardner M.F. (1983). Use of soil spectral properties for monitoring soil erosion. En: Soil erosion and Conservation. Ed. Soil Conservation Society of America. Iowa, pp: 119-127.
- Williams DG. (1996). Essential Oils and Carrier Oils. En: The chemistry of essential oils. Micelle Press. Weymouth, pp: 83-175.
- Williams DH, Fleming I. (1995). Spectroscopic methods in organic chemistry. 5<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill Publishing Company. London.

Williams JR. (1975). Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. En: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources: Proceedings of the sediment-yields workshop. Ed. Agricultural Research Service. USDA. Washintong, pp: 244-252.

Wischmeier WH, Smith DD. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook n° 537. Ed. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

Wischmeier WH, Smith DD. (1965). Predicting Rainfall-erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains. Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. Agriculture Handbook n° 282. Ed. Agricultural Research Services USDA. Washington, D.C.

Xu Zi-gang, Zheng Lin. (2004). Comparison of volatile and semivolatile compounds from commercial cigarette by supercritical fluid extraction and simultaneous distillation extraction. *Journal of Zhejiang University Science* 5: 1528-1532.

Young RA, Romkens MJM, McCool DK. (1990). Temporal variations in soil erodibility. *CATENA* Supplement 17, 41-53.

Zarzuelo A, Gámez JM, Utrilla P, Jiménez J, Jiménez I. (1995). The luteolin 5-rutinoside from *Salvia lavandulifolia*. *Phytochemistry* 40: 1321-1322.

Zarzuelo A, Navarro MC, Crespo E, Ocete MA, Jiménez J, Cabo J. (1987). Spasmolytic activity of *Thymus membranaceus* essential oil. *Phytother Res.* 1: 114-116.

Zarzuelo A, Risco S, Gámez MJ, Jiménez J, Cámara M, Martínez MA. (1990). Hypoglycemic action of *Salvia lavandulaefolia* Vahl. ssp. *oxyodon*: A contribution to studies of the mechanism of action. *Life Sciences* 47: 909-915.