

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMIA**

**Caracterización del aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa, en distintas localidades de la Décima Región de Chile.**

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía.

**Manuel Adrián Vergara Lazen**

Valdivia – Chile

2005

**PROFESOR PATROCINANTE**

Juan Fuentealba Aburto.  
Prof. Biología y Quím., M. Sc.

---

**PROFESORES INFORMANTES**

Roberto Carrillo Llorente.  
Ing. Agr. , M. Sc., Ph. D.

---

Miguel Neira Caamaño.  
Ing. Agr.

---

## AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta importante etapa de mi vida, quisiera agradecer a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta investigación, en especial a:

- Don Roberto Carrillo, por su constante apoyo, paciencia y útiles consejos.
  
- Mis profesores patrocinante e informante Sres. Juan Fuentealba y Miguel Neira por su buena voluntad, cordialidad y comprensión.
  
- Mi familia, en especial a Farida Lazen y Helvia Chepo, por ser un pilar fundamental durante toda mi vida universitaria, por su cariño e incondicional apoyo durante todo el tiempo necesario, haciendo posible el cumplimiento de esta meta.
  
- Todas las personas que conforman el Laboratorio de Fitoquímica, señora Nimia, Don Ramón, Patricia, Jessica, Lucía, Don Raúl, Inés y en especial por su paciencia y contribución al avance de este trabajo Patricio Figueroa.
  
- A Sergio Valencia, Paola Ruz, Marcelo Labra, Andrés Aguilera y Silvia Oettinger por apoyarme en momentos difíciles y ayudarme a cumplir este gran logro en mi vida.

A todos mis amigos, anónimos en este trabajo pero no en mi memoria...

Gracias.

*A Dios*  
*A todos mis seres queridos...*

**INDICE DE MATERIA**

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Características generales de la lavanda	3
2.2	Potencial del cultivo en Chile	5
2.3	Aceites esenciales	6
2.4	Extracción de aceites esenciales	6
2.5	Importancia de los aceites esenciales	7
2.6	Caracterización de los aceites esenciales	8
2.6.1	Caracterización del aceite esencial de lavanda	9
2.6.2	Calidad del aceite esencial de lavanda	12
2.7	Cromatografía	14
2.7.1	Clasificación cromatográfica	15
2.7.1.1	Cromatografía gaseosa (GC)	16
2.7.1.2	Fase móvil	17
2.7.1.3	Sistemas de inyección	17
2.7.1.4	Detector	17
2.8	Espectrometría de masa (MS)	18
3	MATERIAL Y METODO	21
3.1	Material	21
3.1.1	Muestras de aceite esencial de lavanda	21
3.1.2	Sitios de obtención del aceite de lavanda	21
3.1.3	Equipos e implementos de laboratorio	22

Capítulo		Página
3.1.4	Reactivos	23
3.2	Método	23
3.2.1	Cosecha y extracción del aceite	24
3.2.2	Toma de muestras	24
3.2.3	Almacenamiento de las muestras	25
3.2.4	Método analítico	25
3.2.4.1	Preparación de la muestra	25
3.2.4.2	Análisis de la muestra	26
3.2.5	Obtención de resultados	27
3.2.6	Análisis de resultados	27
4	PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
4.1	Principales componentes del aceite esencial de lavanda cosechado en distintas fases de floración e identificados por GC/MS, en la localidad de Ensenada	31
4.2	Principales componentes del aceite esencial de lavanda cosechado en distintas fases de floración e identificados por GC/MS, en la localidad de Cuquimo	38
4.3	Principales componentes identificados por GC/MS, del aceite esencial de lavanda cosechado en el período enero – febrero del año 2004 en la localidad de La Unión, sector de Pampa Negrón	44
5	CONCLUSIONES	50
6	RESUMEN	52
	SUMMARY	53

Cápítulo	Página
7 BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	59

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Principales compuestos de los aceites esenciales	9
2	Compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa	10
3	Compuestos identificados en aroma de aceite esencial de lavanda mediante GC/MS	11
4	Rangos en porcentaje de algunos componentes de un aceite esencial de lavanda de calidad	13
5	Programa de partición de muestra (modo Split)	26
6	Programa de temperatura del horno de columna	26
7	Programa de lavado automático de jeringa	27
8	Componentes identificados en muestras de aceite esencial de lavanda ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) provenientes de la Décima Región de Chile	30



Cuadro	Página
9 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada y su rango aceptado por la norma ISO:3515	33
10 Coeficientes de variación de los 11 principales compuestos identificados en las muestras provenientes de Ensenada, en las distintas fechas de cosecha	37
11 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Cuquimo y su rango aceptado por la norma ISO:3515	39
12 Coeficientes de variación de los 11 principales compuestos identificados en las muestras provenientes de Cuquimo, en las distintas fechas de cosecha	43
13 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, en la localidad de La Unión, sector Pampa Negrón y su rango aceptado por la norma ISO N° 3515	47
14 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Pampa Negrón	49

**INDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Fitoquímica, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile	16
2	Funcionamiento del cromatógrafo de gases	18
3	Patrón distintivo de fragmentación de iones para linalol	19
4	Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masa, Laboratorio de Fitoquímica, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile	20
5	Mapa con sectores de muestreo, de aceite esencial de flores de lavanda, en la Décima Región de Chile	22
6	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la primera semana de enero del año 2004 en la localidad de Ensenada	31
7	Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, expresado en porcentaje, cosechado en las distintas fechas en la localidad de Ensenada	36

Figura		Página
8	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la primera semana de enero del año 2004 en la localidad de Cuquimo	38
9	Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, expresado en porcentaje, cosechado en distintas fechas en la localidad de Cuquimo	42
10	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en el verano del año 2004 en el sector de Pampa Negrón	45
11	Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de La Unión, sector de Pampa Negrón	48

**INDICE DE ANEXOS**

Anexo		Página
1	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la segunda semana de febrero del año 2004 en la localidad de Ensenada	60
2	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la tercera semana de enero del año 2004 en la localidad de Ensenada	60
3	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la primera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	61
4	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la tercera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	62
5	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la segunda semana de febrero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	64

Anexo		Página
6	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la primera semana de enero 2004	65
7	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la tercera semana de enero 2004	66
8	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la segunda semana de febrero del 2004	66
9	Coefficiente de variación de 11 compuestos identificados en las muestras del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada	67
10	Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 compuestos identificados en la muestra proveniente de Ensenada, cosechada la tercera semana de enero 2004	67
11	Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Ensenada, cosechada la segunda semana de febrero 2004	68
12	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la tercera semana de enero del año 2004 en la localidad de Cuquimo	69

Anexo		Página
13	Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la segunda semana de febrero del año 2004 en la localidad de Cuquimo	69
14	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la primera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	70
15	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la tercera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	71
16	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la segunda semana de febrero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	73
17	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la primera semana de enero 2004	74
18	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la tercera semana de enero del año 2004	75

Anexo		Página
19	Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la segunda semana de febrero 2004	75
20	Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la primera semana de enero 2004	76
21	Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la Tercera semana de enero del año 2004	76
22	Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la segunda semana de febrero 2004	77
23	Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Pampa Negrón cosechado el año 2004 con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación	78

## 1 INTRODUCCION

El creciente interés por el consumo de productos naturales, en especial de los países desarrollados, abre a países en desarrollo oportunidades interesantes para algunas especies determinadas, pero sólo si pueden competir en calidad. La lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), podría ser una de estas especies pues puede desarrollarse en gran parte de Chile como cultivo no tradicional para la producción de aceite esencial.

Existen normativas internacionales para identificar los aceites esenciales de lavanda por sus componentes químicos. Dependiendo de la proporción en que se encuentren se los clasifica en distintas categorías o calidades de aceite de lavanda. En la actualidad poco se conoce sobre los aceites de lavanda producidos en Chile, principalmente en la zona sur.

En la Décima Región de Chile, el cultivo de la lavanda para producción de aceite esencial, aún es incipiente y no existen estudios que acrediten la verdadera composición del aceite producido en esta zona, su nivel de calidad y la variación de esta composición, según estado fenológico de cosecha de la flor.

La hipótesis de este estudio es que los aceites esenciales de lavanda, cultivada en lugares distintos en la Décima Región de Chile: localidad de Ensenada, comuna de Puerto Varas provincia de Llanquihue, localidad de Cuquimo, comuna de Osorno, provincia de Osorno y del sector Pampa Negrón, comuna de La Unión, provincia de Valdivia, poseen composiciones diferentes.

El objetivo general de este estudio es poder determinar la composición de los aceites producidos en distintas localidades de la Décima Región, a través



de la técnica de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (GC/MS) utilizando la librería del equipo para su caracterización.

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

- Conocer la variación en la composición del aceite de lavanda, extraído en tres fases del estado fenológico de floración, producidos en diferentes localidades de la Décima Región de Chile.

- Comparar la composición del aceite esencial de lavanda de acuerdo a estándares internacionales, norma ISO 3515:2002, de los tres lugares muestreados, en donde las plantas de lavanda corresponden a material vegetativo introducido de Francia en los años 1966 por la Corporación de Fomento de Chile (CORFO) y 2001 por un particular de La Unión.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Características generales de la lavanda.

La lavanda pertenece a la familia de las Lamiaceae (*Labiatae*), son plantas herbáceas anuales o perennes, matas o arbustos, de hojas opuestas, flores hermafroditas y fruto compuesto de cuatro núculas o aquenios (tetraquenio). Además esta familia agrupa plantas aromáticas y medicinales muy conocidas como el orégano (*Origanum vulgare* L.), romero (*Rosmarinus officinalis* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), melisa (*Melisa officinalis* L.), menta (*Menta piperita* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.), y lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) (CHU y KEMPER, 2001 y SOCIEDAD VIVENDI UNIVERSAL, 2004).

FUENTEALBA (1999), agrega que es originaria de Europa meridional, alcanza una altura de 60-80 cm de altura con raíz pivotante, lo que es confirmado por DAVIS y CAMPER (2001).

Según Muñoz (1987), citado por LOPEZ *et al.*, (1997), la lavanda se considera una planta rústica, se desarrolla bien en diferentes tipos de suelos, pudiendo usar laderas y suelos considerados marginales para otros cultivos. Prefiere terrenos de textura liviana y con buen drenaje, se adapta a pH entre 5.5 y 8.0.

Se considera que el clima templado es adecuado para el cultivo, en lo posible con lluvias en el período de crecimiento que corresponde a la primavera y gran luminosidad en la época de floración. La lavanda se distingue por su alta resistencia al frío en invierno incluso a la nieve, además tiene bajos requerimientos de agua, soporta la sequía mediterránea así como

precipitaciones anuales de 1000 mm; su desarrollo óptimo ocurre entre los 600 y 1200 m de altitud (LOPEZ *et al.*, 1997).

DAVIS y CAMPER (2001), mencionan que la parte útil de la planta la constituyen sus flores, de tamaño pequeño, intenso color azul, agrupadas en racimos fuertemente aromáticos, estas contienen un aceite volátil que puede ser extraído mediante destilación por arrastre de vapor.

FUENTEALBA (1999), indica que para iniciar la floración las plantas de lavanda requieren unos 70 a 80 días con temperaturas diarias entre 14 y 15° C, con temperaturas altas, sobre todo en la fase de floración ya que esto aumenta el contenido de aceite esencial en las flores. Además, LOPEZ *et al.*, (1997), agregan que son importantes los vientos suaves en floración dado que favorecen la calidad de éste, debido a que ayudan a la evaporación de compuestos volátiles como hidrocarburos terpénicos que bajan la calidad.

La lavanda presenta dos floraciones, siendo la segunda equivalente al 15-25% de la producción total; es importante cosechar esas inflorescencias para que la planta no pierda energía en la producción de semillas (PORTILLA, 2002).

En cuanto al rendimiento CABAU (2003), señala que en un cultivo el promedio por ha es de 15 a 25 L de aceite esencial de lavanda, con un rendimiento de 2000 a 3000 kg de flores por ha, lo que no concuerda por lo expresado por otros autores como LOPEZ *et al.*, (1997), quienes señalan un rendimiento de 2000 a 4000 kg de flores por ha, con una cantidad de aceite fluctuante entre 2.3% y 2.6% y FUENTEALBA (1999), menciona que es posible obtener al rededor de 8000 kg de flores por ha con un rendimiento de 1.5% de aceite esencial.

## 2.2 Potencial del cultivo en Chile.

Según Durandin (1971) citado por LOPEZ *et al.*, (1997), la investigación en especies de lavanda como cultivo para Chile se inició en la década del 60, adquiriendo importancia comercial el cultivo en la localidad de Bulnes, durante un breve período, desapareciendo rápidamente.

En el año 1966 sería el momento de introducción de material vegetal de lavanda al país por parte de la Corporación de Fomento de la Producción, la introducción actual de lavanda corresponde a un productor de la Décima Región quien en el año 2001 introdujo material procedente desde Francia<sup>1</sup>.

Aunque no existe información estadística sobre la superficie cultivada de especies medicinales y aromáticas en Chile, para el año 2000, se puede estimar una superficie cultivada de 1.400 hectáreas, basándose en estimaciones de la Universidad de Concepción (FUNDACIÓN PARA LA INNOVACION AGRARIA (FIA), 2001).

Debido a su localización geográfica Chile tiene promisorias perspectivas para el desarrollo de este cultivo entre la IV y X Región. En estas regiones hay numerosos suelos que actualmente se encuentran sub-utilizados, estos cuentan con abundante luminosidad que podrían permitir la obtención de esencias de buena calidad (LOPEZ *et al.*, 1997).

ORTEGA y VILLARROEL (2002), señalan que la producción de lavanda es particularmente importante en los países mediterráneos tales como: España, Francia, Italia y Turquía. Además, ORTEGA *et al.*,(2001b), agregan que en el caso de Chile debido a la inexistencia de materia prima la industria

---

<sup>1</sup> FUENTEALBA, J. 2004. Prof. Biología y Quím., M. Sc. Comunicación personal.

nacional se abastece de esencias concentradas que provienen justamente de estos países.

### **2.3 Aceites esenciales.**

Diversos autores tales como FUENTEALBA (1999), DAVIS y CAMPER (2001), CAIRO (2003), RICCIARDI (2003), VOGEL y BERTY (2003) señalan que los aceites esenciales son mezclas de productos químicos naturales que proporcionan el aroma característico a los diferentes vegetales, tanto en sus hojas, flores, frutos o semillas, estos aceites los encontramos en muchas especies, entre ellas lavanda.

CAIRO (2003), indica que los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter, aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosos al tacto y se forman en las partes verdes del vegetal, al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor.

MONTES *et al.*, (1992), señalan que los aceites esenciales son particularmente abundantes en algunas familias tales como: Apiaceae (umbelíferas), Lamiaceae (labiadas), Lauráceas, Mirtáceas, Coniferae, Rutáceas, entre otras. Además, indica que en plantas medicinales o aromáticas el contenido varía entre 0.1 a 2 %, existiendo algunas excepciones que pueden llegar a entre el 5 y 15% de aceite esencial.

### **2.4 Extracción de aceites esenciales.**

MONTES *et al.*,(1992), señalan que existen varios métodos para la obtención de aceites esenciales, siendo el método ideal aquel que extraiga totalmente la esencia, sin alterarla químicamente, es decir, que no produzca

variaciones en su composición. Entre las variadas formas de extracción de aceites esenciales se pueden destacar: extracción en frío, extracción con solvente, enfloración (enfeurage) y destilación. Siendo el método por destilación en corriente de vapor, la técnica más utilizada para la obtención tanto al nivel de laboratorio, como industrial.

LOPEZ *et al.*, (1997) señalan que existen compuestos que rebajan la calidad de los aceites esenciales y que se producen en parte por la descomposición de otros en el momento de la extracción, por lo que se debe tener condiciones óptimas al momento de la extracción. PORTILLA (2002), señala que el momento óptimo de cosecha es cuando las flores de lavanda se encuentran con sus cálices 65% a 80 % abiertos.

## **2.5 Importancia de los aceites esenciales.**

MONTES *et al.*, (1992) y CAIRO (2003), coinciden en que se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; entre ellas puede ser para atraer los insectos para la polinización, para repeler insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio.

RICCIARDI (2003), señala que a nivel mundial el uso de los aceites esenciales es amplio y diversificado. Además, de su uso conocido en perfumería y cosmética, tiene un amplio campo de aplicación en otras industrias como materia prima básica en saborizantes y aromatizantes de alimentos, detergentes, bebidas, cigarrillos, etc., lo que concuerda plenamente con lo descrito por diversos autores como FUENTEALBA (1999), ORTEGA *et al.*(2001a) y CAIRO (2003).

La producción mundial de aceites esenciales es de aproximadamente 50.000 Tm anuales, de las cuales el 90 % se concentra en 14 productos, con

no menos de 500 Tm cada uno, encontrándose entre estas la esencia de lavanda (FUNDACIÓN PARA LA INNOVACION AGRARIA, 2003).

En Chile las exportaciones de aceites esenciales han aumentado paulatinamente a partir del año 1998, alcanzando un máximo de US\$ FOB 602.751 y un volumen de 26.781 kg sólo en el primer semestre de 2002 (FUNDACIÓN PARA LA INNOVACION AGRARIA, 2003).

LOPEZ *et al.*, (1997), indican que también tienen importancia en medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico; lo que es también señalado por FUENTEALBA (1999) y CAIRO (2003) como aromaterapia.

RICCIARDI (2003), agrega que se conocen alrededor de 3000 tipos de aceites esenciales, pero sólo 300 tienen importancia comercial y que la demanda de composiciones aromáticas ha crecido en el sector agroindustrial a razón de un 10% anual desde 1960, sus principales destinos son las industrias de bebidas, las lácteas, las de golosinas, de cosméticos y sabores.

## **2.6 Caracterización de los aceites esenciales.**

La composición química de los aceites esenciales es bastante compleja, pues se trata de numerosos compuestos interactuando, los que pertenecen a distintos grupos químicos (MONTES *et al.*, 1992).

CAIRO, (2003), destaca que los aceites esenciales pueden agruparse en distintas clases, todo ello dependiendo de su estructura química, se pueden clasificar en: alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, lactonas y óxidos. Los compuestos disueltos en aceites esenciales se pueden clasificar como se indica en el Cuadro 1.

### CUADRO 1 Principales compuestos de los aceites esenciales.

Grupo químico	Ejemplo
Esteres	Principalmente de ácido benzoico, acético, salicílico.
Alcoholes	Linalol, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.
Aldehídos	Cítral, citronelal, benzaldehído, aldehído cumínico.
Fenoles	Eugenol, timol, carvacrol.
Cetonas	Carvona, mentona, pulegona, fenchona, alcanfor, cetona.
Lactonas	Cumarina.
Terpenos	Canfeno, pineno, limoneno, felandreno, cedreno.
Hidrocarburos	Cimeno, estireno (feniletileno).

FUENTE: Adaptado de CAIRO, 2003.

**2.6.1 Caracterización del aceite esencial de lavanda.** Según Kogami (1995), citado por TSURO *et al.*, (2001), entre los componentes más importantes del aceite esencial de lavanda se encuentran:  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, limoneno, 3-octanol, linalol, acetato de linalilo, 1-borneol, lavandulol, y acetato de lavandulilo. Esto concuerda con lo señalado por BANTHORPE *et al.*, (1995), GUILLEN *et al.*, (1996), CHU y KEMPER, (2001) y BAROCELLI *et al.*, (2004). Sin embargo, el contenido de sus componentes es muy variable, dependiendo éste de muchos factores tales como la especie, manejo del cultivo y condiciones atmosféricas (SHELLIE *et al.*, 2002).

Un estudio realizado en Londres utilizando cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (GC/MS) inyectando estándares para su comparación, destinados a medir la acumulación de terpenoides en células de lavanda logró identificar 10 compuestos: linalol, acetato de linalilo, acetato de lavandulilo, borneol,  $\alpha$ -terpineol, ocimeno, nerol, limoneno, cariofileno y 1,8 cineol (BANTHORPE *et al.*, 1995).



En Chile se realizó un estudio en cuatro cultivos de la región central (IV a VII Regiones) para caracterizar el aceite mediante la misma técnica anterior de comparación de estándares con CG/MS. De esta investigación un total de 11 compuestos fueron identificados los cuales son: limoneno, Cis- $\beta$ -ocimeno, Trans-  $\beta$  -ocimeno, alcanfor, borneol, terpinen 4-ol, lavandulol, linalol, acetato de linalilo, acetato de lavandulilo y 1,8 cineol (LOPEZ *et al.*, 1997).

**CUADRO 2 Compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa.**

Compuesto	Porcentaje	Compuesto	Porcentaje
Triciclono	0.05	Terpinen-4-ol	0.19
$\alpha$ - Thujeno	0.02	Epoxi - linalol	0.07
$\alpha$ -Pineno	1.11	$\alpha$ -Terpineol	0.79
Campheno	0.56	Verbenona	0.12
Sabineno	0.47	Hexil 2-metil - propanoato	0.15
$\beta$ -Pineno	1.48	Hexil butyrato	0.37
$\beta$ -Mirceno	0.15	Hexenil butyrato	0.05
$\alpha$ -Terpineno	0.33	Hexil pentanoato	0.19
$\alpha$ -Terpinoleno	0.69	Acetato de linalilo	0.10
1,8 Cineol	31.31	Neril acetato	0.02
cis- Hidrato de Sabineno	0.61	Hexil hexanoato	0.03
cis - Linalol óxido	0.77	Linalil butirato	0.03
trans- Linalol óxido	0.05	Bergamoteno	0.13
Linalol	36.94	$\alpha$ -Humuleno	0.03
Canfor	13.60	$\beta$ -Bisaboleno	0.24
Pino- Canfeno	0.04	$\alpha$ -Bisalolol	0.23
endo - Borneol	1.13	Farnesol	0.03

FUENTE: Adaptado de GUILLEN *et al.*, (1996).

GUILLEN *et al.*, (1996), caracterizaron en el norte de España el aceite esencial de lavanda, identificando 57 compuestos mediante GC/MS (Cuadro 2), utilizando para ello sólo la librería que poseía el equipo. Utilizando la misma técnica BAROCELLI *et al.*,(2004), caracterizaron un total de 24 compuestos en aceite esencial de lavanda proveniente de Italia. Mediante esta técnica cada compuesto es posible identificarlo en la librería del equipo debido a que posee líneas de fragmentación del ion molecular característicos (VIRGINIA POLYTECHNIC INTITUTE AND STATE UNIVERSYTE, 2004).

**CUADRO 3 Compuestos identificados en aroma de aceite esencial de lavanda mediante GC/MS.**

Compuestos identificados	
Ethil benceno	Lavandulol
m-Xileno	Borneol
o-Xileno	$\alpha$ -Terpinen -4-ol
Thujeno	p-Cimeno-8-ol
$\alpha$ -Pino	$\alpha$ -Terpineol
$\beta$ -Pino	Linalil acetato
$\beta$ -Mirceno	Bornil acetato
$\alpha$ -Terpineno	Terpineol acetato
m-Cimeno	Geranil acetato
p-Cimeno	Cariofileno
Limoneno	Cumarina
Cineol	Farneseno
$\gamma$ -Terpineno	$\gamma$ -Cadineno
Linalil óxido	Calameneno
Fenchona	Cariofileno óxido
Linalol	7-Metoxi cumarina
Canfor	Carvona

FUENTE: Adaptado de KIM y LEE (2002).

En otro estudio se realizó una comparación de diferentes métodos de extracción de fragancias en lavanda para ser analizadas mediante GC/MS, utilizando estándares y las librerías NIST y Wiley, lograron identificar un total de 43 componentes (Cuadro 3) presentes en el aroma de lavanda (KIM y LEE, 2002).

**2.6.2 Calidad del aceite esencial de lavanda.** La Norma Internacional que regula la cantidad de cada uno de los mayores componentes del aceite esencial de lavanda, para que sea de buena calidad es la norma ISO N° 3515:2002, (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2004). Entre algunos de los componentes que regula la norma se encuentran los porcentajes de: alcanfor, acetato de linalilo, acetato de lavandulilo, Cis- $\beta$ -ocimeno, Trans-  $\beta$ -ocimeno, 1,8 cineol; terpineno - 4-ol; linalol y limoneno como se observan en el Cuadro 4.

TSURO *et al.*, (2001), señalan que las plantas en el género *Lavandula* producen un aceite de muy buena calidad, sin embargo cuando son propagadas en forma vegetativa por el corte de un vástago son pocas las que conservan la alta productividad de las plantas de origen.

ORTEGA *et al.*, (2001a), destacan que los estándares de calidad varían dependiendo si el uso final del producto es cosmético, alimentario o farmacéutico. Además, PORTILLA (2002), indica que el porcentaje de acetato de linalilo contenido en los aceites esenciales de lavanda determinan su calidad.

VOGEL y BERTY (2003), señalan que la calidad de un aceite esencial se define por su composición química, sus propiedades físico-químicas, sus características aromáticas olfativas y su pureza. Además agrega que entre los factores externos que pueden afectar la calidad de los aceites se incluyen el

clima, suelo, plagas, enfermedades, malezas, condiciones técnicas del cultivo, su cosecha o manejo de postcosecha; como factores internos, pueden influir en su composición y calidad del aceite esencial: las variedades del cultivo, la etapa de desarrollo de la planta y la parte del vegetal que se utilice. Lo que concuerda con los resultados obtenidos por TSURO *et al.*,(2001).

**CUADRO 4 Rangos en porcentaje de algunos componentes de un aceite esencial de lavanda de calidad.**

Componente	Rango % (Norma ISO 3515)
Limoneno	Máximo 0.50
1,8 Cineol	Máximo 1.50
Cis- $\beta$ - Ocimeno	4 - 10
Trans- $\beta$ -Ocimeno	2 - 6
Alcanfor	Máximo 0.50
Borneol	No indica rango
Terpinen-4-ol	2-6
Lavandulol	Mínimo 0.30
Linalol	25-38
Acetato de Linalilo	25-45
Acetato de Lavandulilo	Mínimo 2.0

FUENTE: Adaptado de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002.

VOGEL y BERTY (2003), agregan que para el análisis químico de los aceites esenciales se utiliza cromatografía gaseosa y espectrometría de masa, lo que concuerda plenamente con lo indicado por STAMBUK, (1970), MONTES *et al.*, (1992) y SHARAPIN (2000).

KERR (2003), indica que la espectrometría es una técnica que permite comparar distintos aceites esenciales, además SHARAPIN (2000), señala que la técnica de GC/MS permite apreciar la calidad y el valor en el mercado de un aceite esencial, al punto de ser utilizada como rutina en algunos laboratorios.

## **2.7 Cromatografía.**

UNION INTERNACIONAL DE QUIMICA PURA Y APLICADA (IUPAC) (2004), define la cromatografía como un método físico de separación de una mezcla, en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una de las cuales constituye la fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (fase móvil) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria en una dirección definida, lo que concuerda con lo señalado por RED LATINOAMERICANA DE QUÍMICA (2004), quien agrega que es una compleja unión de fenómenos tales como hidrodinámica, cinética, termodinámica, química de superficie y difusión.

CORTEZ (2004), señala que la fase estacionaria puede ser un sólido o un líquido dispuesto sobre un sólido que actúa como soporte, de gran área superficial. La fase móvil es un fluido (gas o líquido) que se usa como portador de la mezcla. En la cromatografía ocurren dos fenómenos muy importantes y que son prácticamente los encargados del proceso de separación: la adsorción y absorción.

La adsorción es la retención de una especie química en los sitios activos de la superficie de un sólido, quedando delimitado el fenómeno a la superficie que separa las fases. Esta retención superficial puede ser física o química y depende de la naturaleza del compuesto adsorbido, temperatura,

concentración, naturaleza y estado de subdivisión del adsorbente (CORTEZ, 2004).

La absorción es la retención de una especie química por parte de una masa y depende de la tendencia que tiene ésta a formar una mezcla o reaccionar químicamente con la misma dentro de una columna (CORTEZ, 2004).

SHARAPIN, (2000), señala que la columna consiste en un tubo largo que contiene la fase estacionaria. Los materiales más utilizados son el cobre, acero, aluminio, vidrio y teflón, siendo muy importante que el material de la columna no interactúe con la fase estacionaria, ni con la muestra.

**2.7.1 Clasificación cromatográfica.** QUATTROCCHI *et al.*, (1992), CORTEZ (2004) y UNION INTERNACIONAL DE QUIMICA PURA Y APLICADA (2004), señalan que la clasificación de las modalidades cromatográficas es en función de varios parámetros, entre los cuales destacan:

– La naturaleza de la fase móvil: Si la fase móvil es un gas, la modalidad se denomina gaseosa(GC) y si es un líquido, cromatografía líquida (LC). A este último grupo pertenecen la cromatografía en capa delgada(TLC) y la cromatografía líquida de alta precisión (HPLC).

– La naturaleza de la fase estacionaria: Si la fase estacionaria es un sólido y la fase móvil un líquido la cromatografía se denomina cromatografía líquido-sólido (LSC). Análogamente existirá una cromatografía líquido- líquido (LLC), gas – líquido (GLC) y gas –sólido (GC).

– El fenómeno que ocurre dentro de la columna: Así la cromatografía puede clasificarse en modalidades de afinidad y por tamaño molecular. Entre las

primeras se encuentran la cromatografía en fase ligada y la de intercambio iónico. Entre las segundas se encuentran la cromatografía de filtración por gel (GFC) y la cromatografía de permeación por gel (GPC). En las modalidades de afinidad la muestra interactúa directa o indirectamente, a través del solvente con la fase estacionaria, mientras que en las separaciones por tamaño molecular no existe (al menos teóricamente) ninguna interacción con la fase estacionaria.

2.7.1.1 Cromatografía gaseosa (GC). Es una técnica analítica utilizada en la separación, identificación y medida de los componentes de una mezcla realizada en un equipo llamado cromatógrafo de gases (Figura 1). Se basa en la diferencia de velocidades de migración de sus componentes, al ser arrastrado por un gas inerte a través de una columna (STAMBUK, 1970).



**FIGURA 1** Cromatógrafo de gases, Laboratorio de Fitoquímica, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile.

En el proceso de cromatografía gaseosa (Figura 2) la muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Luego temperaturas apropiadas en el sitio de inyección y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra, los cuales de acuerdo con sus propiedades y las de la fase estacionaria (columna), son retenidos y llegan al final de la columna en tiempos variables. Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y cuantificación de los componentes de la muestra (SHARAPIN, 2000).

2.7.1.2 Fase móvil. La fase móvil gaseosa proporciona rápidamente un equilibrio en la muestra, no debe interactuar con ella, tener bajo costo y alta pureza. Los gases más utilizados son: Nitrógeno, Helio, Hidrógeno y Argón. Para dar una mayor reproducibilidad al análisis, la saturación del gas debe ser constante y controlada a través de válvulas (SHARAPIN, 2000).

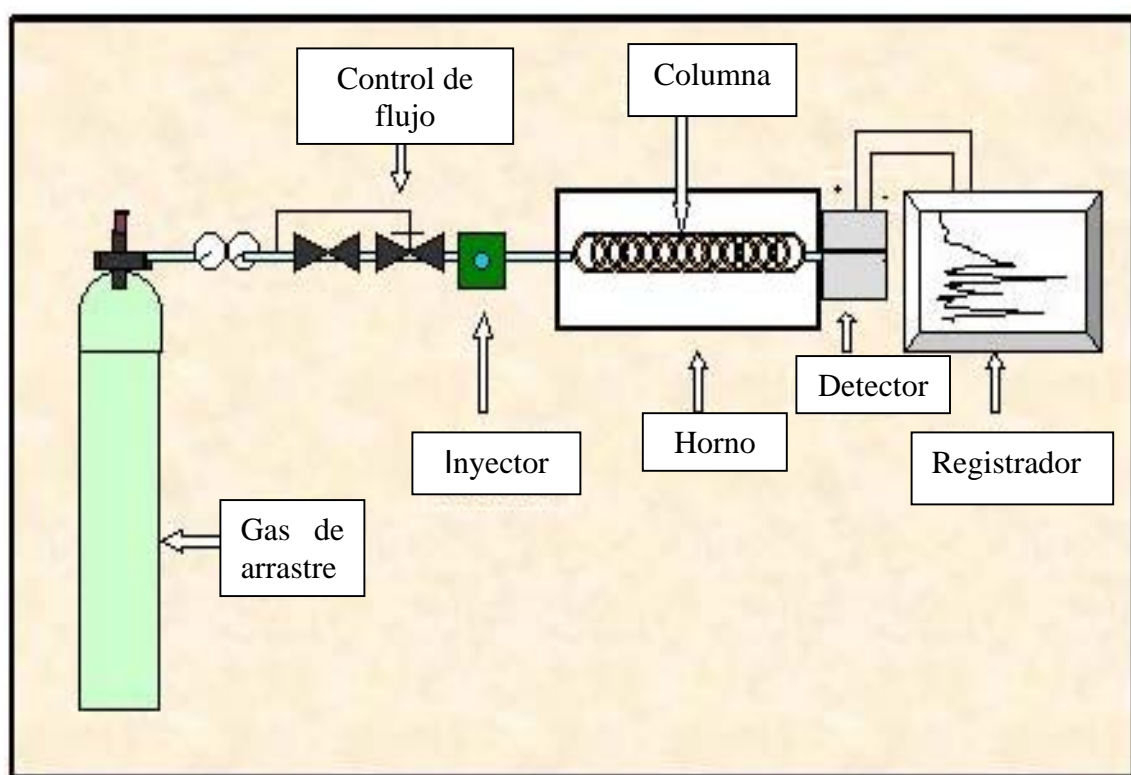
2.7.1.3 Sistemas de inyección. La inyección se realiza generalmente con microjeringas que contienen la muestra. El volumen inyectado no debe superar la capacidad de la columna, y entre más pequeño sea el volumen usado de la muestra, mayor será la eficiencia y la reproducibilidad del análisis. Es importante que la temperatura aplicada debe ser suficiente para volatilizar la muestra (SHARAPIN, 2000).

2.7.1.4 Detector. Es un dispositivo capaz de convertir una propiedad física, no medible directamente, en una señal elaborable y ofrecer información sobre la naturaleza y magnitud de la propiedad física (RED LATINOAMERICANA DE QUÍMICA, 2004).

SHARAPIN (2000), señala que los detectores universales miden la variación de una propiedad del gas de arrastre que sale de la columna, mientras que los detectores específicos miden una propiedad característica de un



determinado compuesto. RED LATINOAMERICANA DE QUÍMICA (2004), agrega que en cromatografía gaseosa un detector funciona comparando una propiedad física entre el gas portador puro y el mismo gas portador llevando cada uno de los componentes que previamente se han separado en la columna, esta acción se traduce en una señal de tipo eléctrica, que posteriormente se amplificará mediante un registrador gráfico permitiendo indicar el momento en que salen de la columna los distintos componentes.



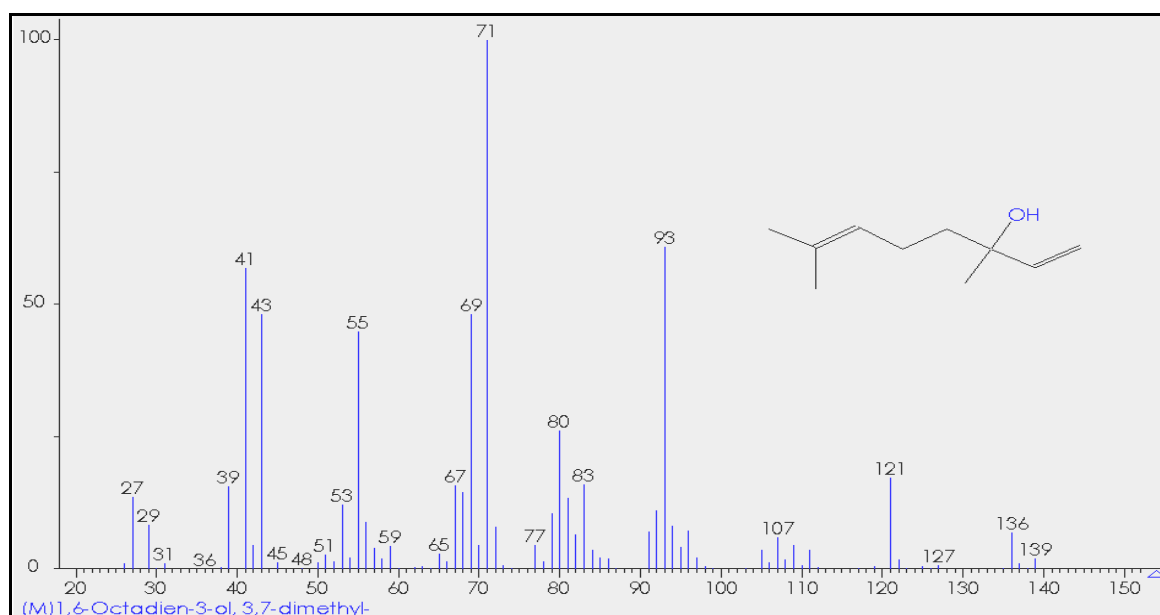
**FIGURA 2 Funcionamiento del cromatógrafo de gases.**

FUENTE: Adaptado de ANDRADE y CUSTODIO (2004).

## 2.8 Espectrometría de masa (MS).

La espectrometría de masa (MS), da nombre a un conjunto de técnicas utilizadas para la medida de la masa de iones y su abundancia en la fase gaseosa de una muestra (RUBINSON y RUBINSON 2001), lo que concuerda

con lo señalado por (VIRGINIA POLYTECHNIC INTITUTE AND STATE UNIVERSYTE, 2004). Este último autor agrega que no sólo es útil para cuantificación de átomos o de moléculas, sino también para determinar la información química y estructural sobre dichas moléculas utilizando los patrones distintivos de fragmentación que proporciona la espectrometría de masa, como se observa en la Figura 3 para el caso de linalol.



**FIGURA 3 Patrón distintivo de fragmentación de iones para linalol.**

FUENTE: Laboratorio de Fitoquímica, Universidad Austral de Chile. Base de datos NIST 98 MS.

Las tres partes básicas de un espectrómetro son: la fuente de ionización, el analizador y el transductor / detector (RUBINSON y RUBINSON 2001).

BRUNET (2004), concuerda con lo descrito por VIRGINIA POLYTECHNIC INTITUTE AND STATE UNIVERSYTE (2004), en que durante el proceso de espectrometría unas pocas moléculas de un compuesto provenientes del cromatógrafo de gas (Figura 4), se introducen en el espectrómetro mediante un dispositivo apropiado o cámara de introducción.

Luego existe una etapa de ionización de las moléculas, que puede ser por impacto electrónico (EI) o por ionización química (CI), las que se convierten en iones y adquieren una relación masa/carga ( $m/z$ ) determinada. La relación  $m/z$  obliga a las moléculas que la han adquirido a describir una trayectoria propia dentro del espectrómetro que se encuentra en un alto vacío. Los iones de una relación  $m/z$  determinada son así detectados separadamente de los de otras relaciones  $m/z$ . La calibración adecuada del instrumento permite medir la relación  $m/z$  y por tanto la masa molecular de cada ion que alcanza el detector.



**FIGURA 4** Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masa, Laboratorio de Fitoquímica, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile.

### 3 MATERIAL Y METODO

#### 3.1 Material.

A continuación se describen los principales materiales empleados en ésta investigación.

**3.1.1 Muestras de aceite esencial de lavanda.** Las muestras correspondieron al aceite esencial de lavanda extraído de flores mediante el proceso de arrastre con vapor de agua en cada una de las localidades en estudio.

**3.1.2 Sitios de obtención del aceite de lavanda.** Los tres lugares de producción de aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) utilizados para realizar el estudio, fueron de la Décima Región (Figura 5) y correspondieron a : localidad de Ensenada, comuna de Puerto Varas provincia de Llanquihue, latitud 41° 13´ S, longitud 72° 31´ W ; localidad de Cuquimo, comuna de Osorno, provincia de Osorno, latitud 40° 35´ S, longitud 73° 09´ W. Ambas localidades poseen plantas provenientes de material introducido desde Francia en la década de los 60 y como tercer lugar en estudio el sector de Pampa Negrón, comuna de La Unión, provincia de Valdivia, latitud 40° 15´ S, longitud 73° 02´ W, que posee plantas de un material ingresado al país en el año 2001 desde Francia.



**FIGURA 5** Mapa con sectores de muestreo, de aceite esencial de flores de lavanda, en la Décima Región de Chile.

**3.1.3 Equipos e implementos de laboratorio.** El desarrollo de la parte experimental fue realizado en el Laboratorio de Fitoquímica en la sección de Cromatografía gaseosa, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, en el cual se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Cromatógrafo de gases marca Varian, modelo CP-3800 con columna capilar CP-SIL 5 CB/MS (30 m de largo y 0.25 mm de diámetro interno), con inyector automático marca Varian, modelo CP-8400, acoplado a un espectrómetro de masa marca Varian, modelo SATURN 2200 GC/MS.
- Software de estación de control (Varian Chromatography Workstation, Star Sistem Control versión GC/MS 5.5).

- Software NIST 98 MS Library Database in Saturn Format.
- Norma ISO:3515, aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), con rangos en porcentaje de los componentes principales.
- Micropipeta Socorex, rango de capacidad 2 – 20  $\mu$ L.
- Micropipeta Brand, rango de capacidad 100 – 1000  $\mu$ L.
- Refrigerador marca Sindelen, con capacidad de 450 L.

El material de vidrio utilizado consistió principalmente en:

- Pipetas parciales de 10 mL
- Matraces aforados de 10 mL
- Viales de 2 mL para cromatografía.
- Frascos de 5 mL, color ámbar con doble tapa de seguridad.

**3.1.4 Reactivos.** Se utilizaron los siguientes productos como reactivos:

- Hexano ( $C_6H_{14}$ ) para cromatografía gaseosa de 90.34 % de pureza.
- Etanol 96 % de pureza.

## **3.2 Método**

Se describe a continuación el método empleado en este estudio.

**3.2.1 Cosecha y extracción del aceite.** Las épocas de cosecha y producción de aceite esencial de lavanda en las localidades de Ensenada y Cuquimo, fueron realizadas en las siguientes etapas de desarrollo del cultivo y en las fases del estado fenológico de floración, que a continuación se describen:

- Primera semana de enero del 2004 (Fase de floración temprana).
- Tercera semana de enero del 2004 (Fase de floración intermedia).
- Segunda semana de febrero del 2004 (Fase de floración tardía).

El momento de cosecha de las flores se determinó en forma visual cuando estas se encontraron con sus cálices sobre un 60% abiertos. El trabajo de cosecha se realizó en forma manual en los tres lugares de cultivo y la extracción del aceite fue realizada con equipos de destilación por arrastre de vapor de agua, de acero inoxidable en cada lugar de estudio.

El momento de cosecha de la localidad de la Unión (sector Pampa Negrón) corresponde al tiempo transcurrido entre enero – febrero del año 2004, el cual corresponde a una mezcla del aceite esencial cosechado del mismo cultivo en distintas oportunidades.

**3.2.2 Toma de muestras.** La toma de muestras del aceite se realizó la última semana de marzo de 2004, es decir, al menos un mes después de extraído el aceite. Desde los contenedores, que correspondieron a frascos de color ámbar, con capacidad de 4 L que contiene el aceite esencial extraído, almacenados en refrigeración 7°C. La metodología de este procedimiento fue la misma para todas las muestras. Con una pipeta de 10 mL, se extrajeron 5 mL de aceite esencial con 3 repeticiones de cada muestra. Una vez tomada la muestra de aceite en un frasco de vidrio color ámbar con doble tapa de

seguridad, fue llevada en condiciones de oscuridad y a temperatura ambiente hasta el lugar de almacenamiento de las muestras.

**3.2.3 Almacenamiento de las muestras.** Las muestras de aceite esencial fueron almacenadas y conservadas a una temperatura de 7°C, en un refrigerador, hasta el momento del análisis en las dependencias del Laboratorio de Fitoquímica de la Universidad Austral de Chile.

**3.2.4 Método analítico.** Para la realización del trabajo en laboratorio con el cromatógrafo se tomó como referencia el estudio efectuado por GUILLEN *et al.*, (1996), y se realizaron algunas adecuaciones a la metodología de acuerdo al equipo existente.

3.2.4.1 Preparación de la muestra. La muestra de aceite esencial se diluyeron en hexano (C<sub>6</sub> H<sub>14</sub>) a una concentración de 1000 ppm, para lo cual se utilizó la siguiente metodología:

- a) Tomar con una micropipeta, 10 µL de la muestra del aceite esencial a estudiar.
- b) Vaciar en un matraz aforado de 10 mL.
- c) Agregar hexano (C<sub>6</sub> H<sub>14</sub>) hasta aforar a 10 mL.
- d) De esta nueva solución extraer con micropipeta 2 mL y vaciar en un vial para cromatografía gaseosa.
- e) Sellar herméticamente el vial mediante la adición de una tapa y goma de caucho sintético.
- f) Rotular el vial.



- g) Guardar la contramuestra en un frasco de color ámbar, sellado herméticamente, rotular y almacenar a 7°C.

Una vez realizado este procedimiento la muestra se encontraba lista para ser inyectada al cromatógrafo de gas acoplado al espectrómetro de masa.

3.2.4.2 Análisis de la muestra. Las condiciones de operación fueron: inyección de 0.5  $\mu\text{L}$  en modo split (partición de la muestra antes que ingrese a la columna) como se indica en el Cuadro 5, con gas portador He con temperaturas de columna programadas a 60°C (inicial) con una razón de incremento de 4 °C/ minuto hasta los 140 °C; luego la razón de aumento de la temperatura fue de 10°C/ minuto, hasta alcanzar una temperatura de 240°C, como se observa en el Cuadro 6.

**CUADRO 5 Programa de partición de muestra (modo Split).**

Tiempo (min)	Estado	Porcentaje de partición.
0	Encendido	10
0.1	Encendido	50
2.0	Apagado	-----

**CUADRO 6 Programa de temperatura del horno de columna.**

Temperatura (°C)	Tasa (°C/min)	Tiempo de espera (min)	Total (min)
60	0	0	0
140	4	0	20
240	10	0	30

La temperatura del Inyector fue de 250°C y el flujo de columna constante de 1.0 ml / min. La jeringa de inyección tuvo un programa de lavado automático que se detalla en el Cuadro 7.

**CUADRO 7 Programa de lavado automático de jeringa.**

Item	Nº de veces	Compuesto
Pre- inyección del solvente	6	Hexano
Pre- inyección de la muestra	2	Muestra
Post- inyección del solvente	6	Hexano
Lavado del solvente	6	Hexano, etanol

**3.2.5 Obtención de resultados.** Una vez realizada la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa, se obtuvieron los resultados como porcentaje de participación de los distintos componentes, sin identificar y expresados con un tiempo de retención, para cada compuesto de la muestra de aceite. Esto es acompañado del cromatograma correspondiente.

Estos resultados fueron analizados por el software Varian Chromatography Workstation, Star Sistem Control, versión GC/MS 5.5 que posee el equipo y apoyado por la confirmación de la NITS 98 MS Library Database in Saturn Format, e interpretados por el analista.

Una vez que estos resultados del cromatograma fueron analizados e interpretados fue posible caracterizar el aceite esencial de cada localidad.

**3.2.6 Análisis de resultados.** El análisis de los resultados se realizó mediante estadística descriptiva y la comparación de los datos obtenidos en

forma de porcentaje por el cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masa, con las normas de la Organización Internacional de Estandarización ISO:3515, que establece los componentes mínimos y máximos de un aceite esencial de lavanda de calidad. Esto se realizó con todas las muestras, para determinar cual de ellas es la que cumple de mejor manera con estas exigencias internacionales, al mismo tiempo que fue posible graficar los compuestos químicos del aceite de lavanda en los distintos estados de floración del cultivo.

## 4 PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presentación de resultados se divide en dos partes. La primera corresponde a la identificación de los principales componentes de cada muestra analizada y su comparación con la norma internacional ISO:3515. La segunda confronta los principales compuestos identificados en las distintas localidades, expresados en porcentaje.

Al considerar los rangos establecidos por la norma ISO:3515 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2004) como una referencia para evaluar la calidad del aceite esencial de lavanda, es necesario tener en cuenta que un aceite que no cumpla con todos los parámetros no significa que no sea de primera calidad, ya que esto depende del uso al que sea destinado el aceite.

La utilización de librerías en cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (GC/MS), permite realizar trabajos de caracterización para un gran número de compuestos, debido a que no es necesario contar con los estándares químicos analíticos, ya que éstos se encuentran caracterizados por la fragmentación de sus principales iones dentro de estas librerías. Es así como en los trabajos realizados por GUILLEN *et al.*, (1996) y BAROCELLI *et al.*, (2004), identificaron al menos 24 compuestos diferentes en aceite de lavanda.

Los compuestos identificados en las muestras de aceite esencial de lavanda analizadas por CG/MS en este estudio son 19 y corresponden a los que se presentan en el Cuadro 8.

**CUADRO 8 Componentes identificados en muestras de aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) provenientes de la Décima Región de Chile.**

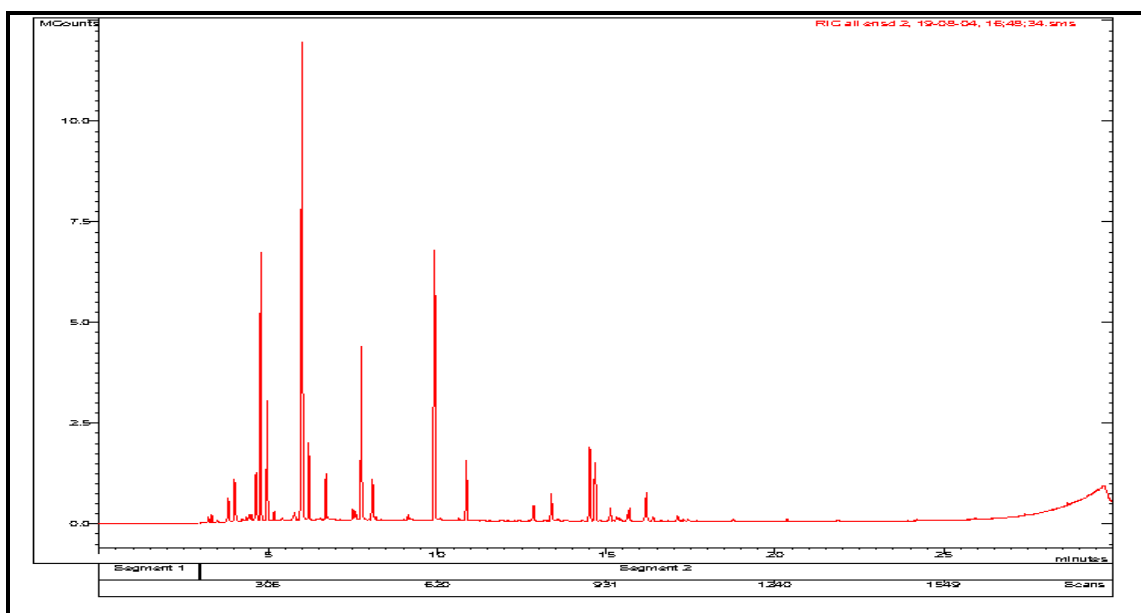
N° CAS (Estándar de química analítica)	Compuesto
2867-05-2	$\alpha$ – Tujeno
80-56-8	$\alpha$ – Pineno
79-92-5	Campheno
127-91-3	$\beta$ - Pineno
3338-55-4	Cis - $\beta$ - Ocimeno
3779-61-1	Trans - $\beta$ - Ocimeno
5989-33-3	Cis-Linalol – óxido
586-62-9	Terpinoleno
78-70-6	Linalol
507-70-0	Borneol
4998-16-8	Lavandulol
562-74-3	Terpinen - 4- ol
10482-56-1	$\alpha$ – Terpineol
115-95-7	Acetato de Linalilo
-----	Mezcla (*)
141-12-8	Neril acetato
87-44-5	Cariofileno
23986-74-5	Germacreno D
1139-30-6	Óxido de Cariofileno

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

#### 4.1 Principales componentes del aceite esencial de lavanda cosechado en distintas fases de floración e identificados por GC/MS, en la localidad de Ensenada.

Los aceites provenientes de la localidad de Ensenada corresponden a aquellos obtenidos cuando las plantas estaban en etapa de floración inicial, luego intermedia y floración tardía, cosechados en la primera semana de enero, tercera semana de enero y segunda semana de febrero del año 2004 respectivamente.

En la Figura 6 se presenta el cromatograma obtenido del análisis del aceite esencial de lavanda cosechado en fase de floración temprana, los cromatogramas de cada una de las muestras restantes se pueden observar en los Anexos 1 y 2.



**FIGURA 6** Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la primera semana de enero del año 2004 en la localidad de Ensenada.

Es importante destacar que cada línea en el diagrama (cromatograma) representa un compuesto dentro de la muestra. Cada compuesto a su vez posee líneas de fragmentación del ion molecular característicos del método de espectrometría de masa (VIRGINIA POLYTECHNIC INTITUTE AND STATE UNIVERSYTE, 2004).

Al estudiar los patrones distintivos de fragmentación, que las moléculas proporcionaron del análisis de los cromatogramas del aceite esencial, producido en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada, tal como lo realizado por GUILLEN *et al.*, (1996) y BAROCELLI *et al.*, (2004), se obtuvo la información necesaria para cuantificar el espectro de 11 compuestos en la muestra.

Los compuestos al ser analizados por la librería del Software NIST 98 MS (Instituto Nacional de Standard y Tecnología de E.E.U.U) y estudiar en forma estructural los espectros totales de sus picos más altos, se logró obtener para la localidad de Ensenada los resultados que se observan en el Cuadro 9, que proviene de los Anexos 3,4 y 5.

En el aceite cosechado para esta localidad, en todas sus fechas de cosecha, los mayores componentes identificados corresponden a linalol y acetato de linalilo, lo que concuerda con los resultados obtenidos por BANTHORPE *et al.*, (1995), LOPEZ *et al.*, (1997), KIM y LEE (2002) y BAROCELLI *et al.*, (2004) al realizar estudios por GC/MS.

Los resultados del Cuadro 9 muestran que en la primera cosecha de aceite, vale decir la primera semana de enero, el contenido de linalol se encuentra levemente bajo el rango de la norma ISO, lo que podría sugerir que la cosecha temprana de las flores produzca una calidad inferior del aceite obtenido, aún cuando su concentración no se aleja considerablemente de los

rangos establecidos por la norma ISO:3515. Un resultado semejante para este compuesto fue determinado en la Región Metropolitana de Chile, en un estudio realizado por LOPEZ *et al.*, (1997).

**CUADRO 9 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada y su rango aceptado por la norma ISO:3515.**

Componente identificado	Fecha de cosecha			Rango (%) (Norma ISO 3515: 2002.)
	1º semana de enero 2004 (%) Promedio	3º semana de enero 2004 (%) Promedio	2º semana de febrero 2004 (%) Promedio	
$\alpha$ - Pineno	0,258	0,341	0,326	–
$\beta$ - Pineno	1,686	1,938	1,939	–
Z- Ocimeno	9,426	10,032	8,050	4 – 10
E- Ocimeno	4,045	4,706	4,605	2 – 6
Linalol	21,803	26,770	25,683	25 – 38
Borneol	0,562	0,508	0,590	–
Lavandulol	0,428	0,470	0,561	Mínimo 0.30
Terpinen-4-ol	7,165	7,732	9,855	2 – 6
Acetato de Linalilo	13,613	12,750	12,993	25 – 45
Mezcla (*)	3,188	2,821	3,146	–
Cariofileno	4,167	3,922	4,282	–

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato; (–) no señala rango.

Al observar los porcentajes de linalol, este compuesto en las dos restantes fechas de cosecha (tercera semana de enero y segunda semana de febrero) es posible apreciar que el aceite cumple con las especificaciones para dicha norma internacional. Los resultados obtenidos en esta oportunidad son



muy similares a los obtenidos en Londres por BANTHORPE *et al.*, (1995), y en Chile para la IV Región, en la ciudad de Ovalle por LOPEZ *et al.*, (1997).

En todas sus fechas de cosecha el acetato de linalilo presente en el aceite, tal como los obtenidos por BANTHORPE *et al.*, (1995), LOPEZ *et al.*, (1997) y BAROCELLI *et al.*, (2004), corresponde al segundo mayor porcentaje de componentes identificados y cuantificado. Sin embargo, no alcanza los rangos exigidos por la norma ISO 3515. Estos resultados no son de extrañar debido a que existen dos posibilidades para ello.

La primera es que este compuesto no siempre se encuentra entre los principales componentes encontrados en el aceite de lavanda, SHELLIE *et al.*, (2002), entre sus resultados obtuvo una variación de entre el 4 y 35 % del contenido de acetato de linalilo en sus muestras, así como previamente en un estudio realizado por GUILLEN *et al.*, (1996), a un cultivo de lavanda en España utilizando la misma técnica, el contenido de acetato de linalilo presente en el aceite representó uno de los porcentajes más bajos entre sus componentes.

La segunda posibilidad del bajo contenido de acetato de linalilo de acuerdo a lo señalado por LOPEZ *et al.*, (1997), es que sea debido a la descomposición que sufre este compuesto, al ser sometido al proceso de arrastre con vapor de agua, lo que explicaría los altos contenidos de los compuestos Z-ocimeno (Cis- $\beta$ - Ocimeno) y E-Ocimeno (Trans- $\beta$ -Ocimeno) en las muestras, ya que provienen en parte de la descomposición del acetato de linalilo. Cabe destacar que estos últimos compuestos, Z-ocimeno y E-ocimeno, aunque son altos en estas muestras se encuentran entre los rangos permitidos por la norma internacional, siendo muy diferentes a los resultados obtenidos en la región central de Chile por LOPEZ *et al.*, (1997), en que ninguna de las muestras estudiadas alcanzó el mínimo para ambos compuestos.

El rango establecido para el compuesto lavandulol, por la norma internacional como se observa en el Cuadro 9, es de mínimo 0.30 %, lo cual es alcanzado plenamente por los aceites provenientes de la localidad de Ensenada en sus distintas fechas. Al comparar los resultados con los obtenidos por LOPEZ *et al.*, (1997), se destaca que en la zona central de Chile todos los porcentajes para este compuesto son mayores que los caracterizados para esta localidad.

Estudios realizados por GUILLEN *et al.*, (1996), TSURO *et al.*, (2001), KIM y LEE (2002) y SHELLIE *et al.*, (2002), han demostrado que los compuestos:  $\alpha$  - pineno,  $\beta$  - pineno, borneol y cariofileno son característicos del aceite esencial de lavanda. En el Cuadro 9 se puede apreciar el porcentaje de participación de estos compuestos en las muestras de esta localidad, los que no serían relevantes para determinar la calidad del aceite esencial, debido a que la norma no indica rangos para estos.

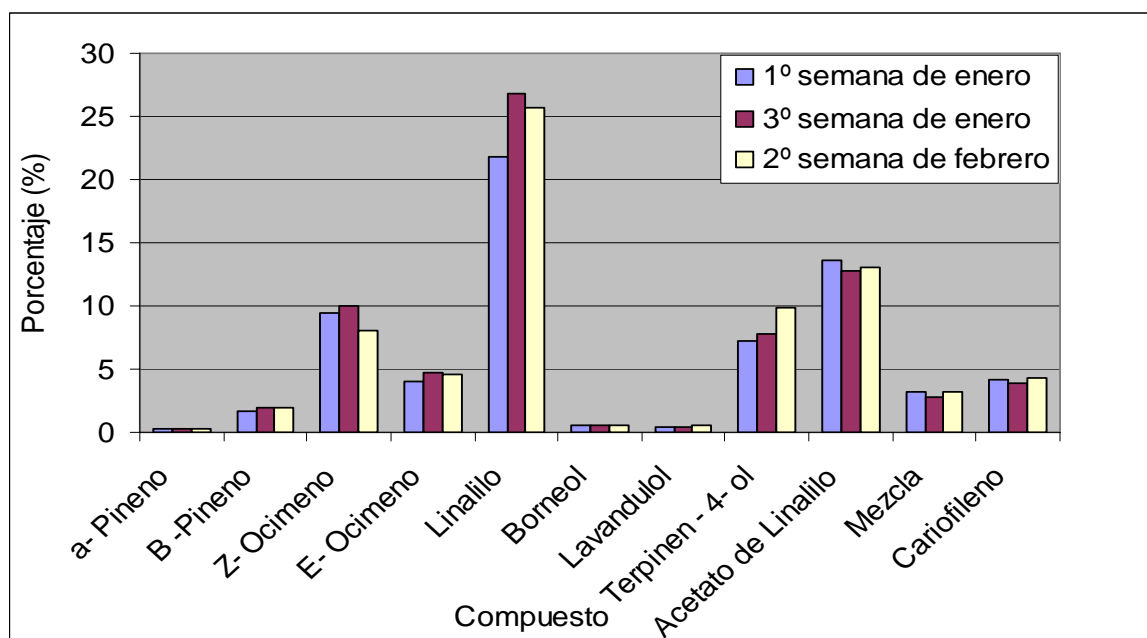
La mezcla de: linalil, neril y geranil acetato, si bien no existe un parámetro para comparar, su importancia radica en que estos picos pueden ser considerados como acetato de linalilo, debido a que comparten en el cromatograma el tiempo de retención, lo que eventualmente eleva la calidad del aceite.

El porcentaje de un pico compuesto o mezcla es variable y depende de cada método y equipos utilizados, BANTHORPE *et al.*, (1995), determinó un 13,8 % y WIESENFELD (2004), determinó un 5,5 % como mezcla. En esta muestra no superó el 3,2 %, lo que es bueno, ya que además de ser un porcentaje bajo se determinaron los componentes de este pico.

Con respecto al compuesto terpinen-4-ol, el aceite caracterizado por GUILLEN *et al.*, (1996), no alcanza el mínimo indicado por la norma

internacional y BAROCELLI *et al.*, (2004), presenta porcentajes bajos de este compuesto alcanzando los rangos mínimos. El aceite cosechado en esta localidad es muy diferente a los antes mencionados, ya que no cumple con el rango para este compuesto por sobrepasar los límites establecidos, como se puede observar en el Cuadro 9, a medida que aumenta el tiempo en la fecha de cosecha se eleva la participación de este compuesto en el aceite.

En la Figura 7, se representa gráficamente el contenido de los 11 principales compuestos identificados en el aceite esencial de lavanda, en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada, en él se resumen los gráficos de cada una de las fechas de cosecha (Anexos 6, 7 y 8).



**FIGURA 7 Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, expresado en porcentaje, cosechado en las distintas fechas en la localidad de Ensenada.**

El Cuadro 10 presenta el coeficiente de variación (CV) expresado en porcentaje para cada uno de los 11 principales compuestos identificados, en sus distintas fechas de cosecha para la localidad de Ensenada. De este cuadro se infiere que son homogéneas las concentraciones de los compuestos identificados. Por lo tanto, el aceite analizado se encuentra homogeneizado en cuanto a la distribución de sus componentes al momento de ser realizado el análisis, esto es debido a que ninguno de ellos supera el 15 % (Anexos 9, 10 y 11).

**CUADRO 10 Coeficientes de variación de los 11 principales compuestos identificados en las muestras provenientes de Ensenada, en las distintas fechas de cosecha.**

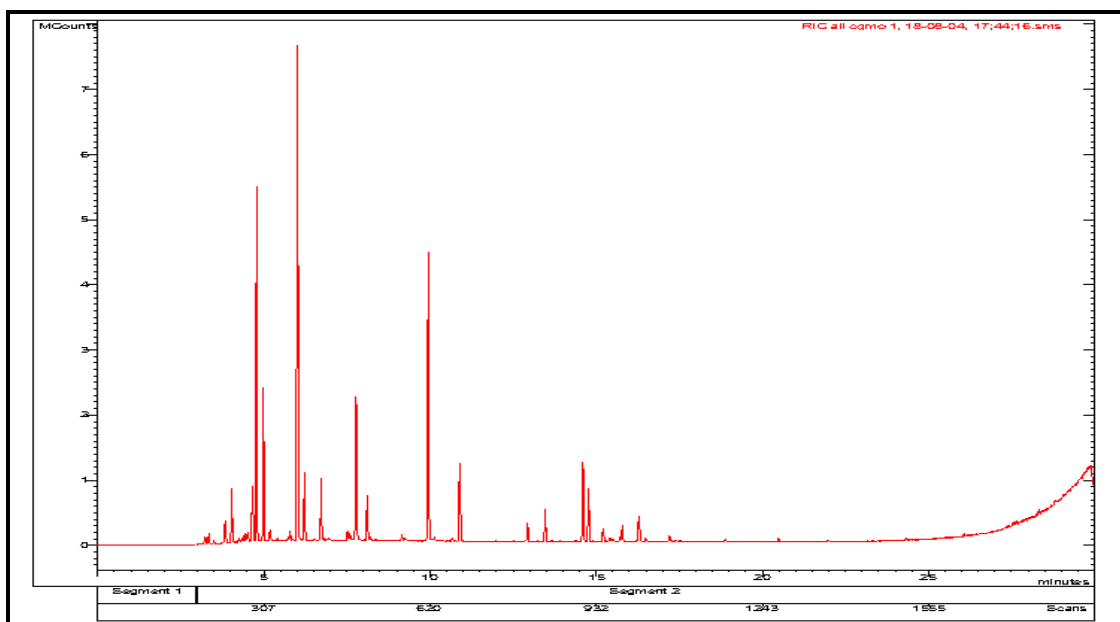
Componente identificado	Coeficiente de variación (%) por fecha de cosecha.		
	1º semana de enero 2004	3º semana de enero 2004	2º semana de febrero 2004
$\alpha$ - Pineno	6,238	5,510	5,233
$\beta$ - Pineno	14,799	4,695	5,449
Z- Ocimeno	4,450	5,557	12,735
E- Ocimeno	1,104	5,119	6,530
Linalol	13,618	8,296	4,410
Borneol	1,041	8,061	2,664
Lavandulol	8,094	14,880	4,437
Terpinen-4-ol	6,892	4,520	3,970
Acetato de Linalilo	7,513	7,994	6,342
Mezcla (*)	9,792	5,105	4,031
Cariofileno	4,648	4,502	3,686

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

#### 4.2 Principales componentes del aceite esencial de lavanda cosechado en distintas fases de floración e identificados por GC/MS, en la localidad de Cuquimo.

El aceite evaluado en esta oportunidad al igual que el anterior corresponde a aquellos obtenidos cuando las plantas se encontraban en etapa de floración inicial, intermedia y tardía, cosechados en la primera semana de enero, tercera semana de enero y segunda semana de febrero del año 2004 respectivamente.

En la Figura 8 se presenta el perfil cromatográfico obtenido del análisis del aceite esencial de lavanda cosechado en fase de floración temprana en la zona de Cuquimo, los cromatogramas de cada una de las muestras restantes se pueden observar en los Anexos 12 y 13.



**FIGURA 8** Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la primera semana de enero del año 2004 en la localidad de Cuquimo.

Los resultados obtenidos al estudiar los patrones distintivos de fragmentación, por medio de la librería del Software NIST 98 MS a los cromatogramas del aceite esencial de lavanda en la localidad de Cuquimo, se logró obtener para esta localidad los resultados que se observan en el Cuadro 11, el cual proviene de los Anexos 14, 15 y 16.

**CUADRO 11 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Cuquimo y su rango aceptado por la norma ISO:3515.**

Componente identificado	Fecha de cosecha			Rango (%) (Norma ISO 3515: 2002.)
	1º semana de enero 2004 (%) Promedio	3º semana de enero 2004 (%) Promedio	2º semana de febrero 2004 (%) Promedio	
$\alpha$ - Pineno	0,4	0,478	0,568	–
$\beta$ - Pineno	2,287	2,21	2,033	–
Z- Ocimeno	12,61	10,82	9,642	4 – 10
E- Ocimeno	5,379	5,922	6,02	2 – 6
Linalol	23,693	24,88	25,486	25 – 38
Borneol	0,47	0,363	0,341	–
Lavandulol	0,386	0,484	0,542	Mínimo 0.30
Terpinen-4-ol	6,88	8,777	10,256	2 – 6
Acetato de Linalilo	13,39	14,1	11,54	25 – 45
Mezcla (*)	3,236	2,857	2,806	–
Cariofileno	3,987	3,699	3,775	–

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato; (–) no señala rango.

Al comparar los resultados (Cuadro 11) y el cromatograma de la zona de Cuquimo (Figura 8) con los obtenidos en la localidad de Ensenada es posible observar que estos aceites poseen un perfil cromatográfico muy similar, variando en muy poco el porcentaje de los compuestos entre ellos.

Al igual que en las muestras provenientes de Ensenada, en el aceite cosechado para la localidad de Cuquimo, en todas sus fechas de cosecha los mayores componentes identificados corresponden a linalol y acetato de linalilo. Resultados similares obtuvieron en Chile LOPEZ *et al.*, (1997), en las zonas de Ovalle y Rinconada de Maipú para el linalol, no así para el acetato de linalilo en que el porcentaje obtenido fue notoriamente mayor que el determinado en Ensenada.

En los resultados del Cuadro 11 se puede observar que la primera cosecha de aceite, vale decir la primera semana de enero, el contenido del compuesto linalol (23,69%) es menor que las dos cosechas siguientes, al igual como sucedió en la localidad de Ensenada. Esto confirma la posibilidad de que una cosecha temprana o prematura de las flores produzca una calidad inferior del aceite obtenido de lavanda, debido a la posibilidad como lo señala PORTILLA (2002), de que las flores no se encuentren con sus cálices abiertos entre un 65% a 80 %. Sin embargo, aunque la primera cosecha no alcanza a cumplir el rango mínimo establecido por la norma ISO:3515 es un porcentaje que no se aleja considerablemente de los valores establecidos y que aumenta conforme avanza el tiempo de cosecha en este estudio, llegando a cumplir con las especificaciones para dicha norma internacional.

Aunque el acetato de linalilo es el segundo mayor componente identificado en todas las muestras, este aceite no alcanza los rangos exigidos por la norma para este compuesto. Estos resultados podrían deberse como ya se ha explicado debido a dos razones, la primera es: la gran variabilidad de

resultados que pueden entregar muestras distintas de aceite; y la segunda es que sea debido a la descomposición que sufre el acetato de linalilo, en un mal manejo al ser sometido al proceso de arrastre con vapor de agua, lo que explicaría los altos contenidos de los compuestos Z-ocimeno y E-ocimeno en las muestras. Según lo señalado por LOPEZ *et al.*, (1997), un alto contenido de Z-ocimeno y E-ocimeno en el aceite, como es el caso de Cuquimo, sugiere que las condiciones de extracción no fueron las óptimas.

Cabe destacar que de estos últimos compuestos, el Z-ocimeno en su primera cosecha se encuentra sobre lo establecido y que disminuye en sus dos cosechas posteriores llegando a encontrarse entre los rangos permitidos por la norma internacional en la tercera cosecha, mientras que el E-ocimeno aunque en alto porcentaje, se encuentra en todas sus fechas de cosecha en los niveles aceptados por la norma internacional ISO:3515.

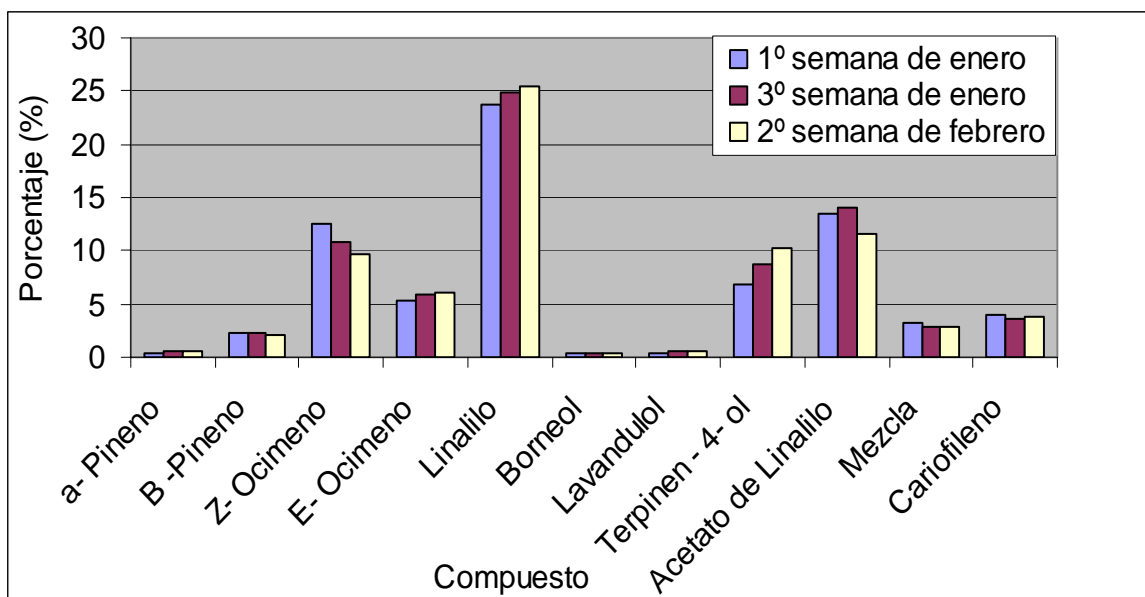
Para los aceites provenientes de la localidad de Cuquimo, en sus distintas fechas de cosecha al igual que en la localidad anterior (Ensenada) el compuesto lavandulol, cumple plenamente con el rango que se establece en la norma internacional, como se observa en el Cuadro 11. En el mismo cuadro se aprecian los porcentajes de:  $\alpha$ - pineno,  $\beta$  - pineno, borneol y cariofileno, los que no serían relevantes para determinar la calidad del aceite esencial.

La mezcla de: linalil, neril y geranil acetato, tendría importancia si se considera como acetato de linalilo, ya que podría aumentar el porcentaje de este compuesto y según PORTILLA (2002), el contenido de acetato de linalilo es una forma de determinar la calidad de un aceite esencial.



Con respecto al terpinen-4-ol, cabe destacar que el aceite cosechado en esta localidad a medida que aumenta el tiempo en la fecha de cosecha se eleva el contenido de este compuesto en el aceite, superando el valor indicado como máximo en la norma internacional, en este sentido es muy similar a lo sucedido con los aceites provenientes de Ensenada.

En la Figura 9, se representan gráficamente el contenido de los 11 principales compuestos identificados mediante GC/MS en el aceite esencial de lavanda, en las distintas fechas de cosecha para la localidad de Cuquimo. En el se resumen los gráficos de las tres fechas de cosecha, presentadas en los Anexos 17, 18 y 19, que representan individualmente el gráfico para cada fecha de cosecha.



**FIGURA 9** Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, expresado en porcentaje, cosechado en distintas fechas en la localidad de Cuquimo.

El Cuadro 12 proviene de los anexos 20, 21 y 22. Es posible observar el coeficiente de variación (CV) expresado en porcentaje para cada uno de los 11 compuestos identificados, en sus distintas fechas de cosecha. De este cuadro se deduce que son homogéneas las concentraciones de los compuestos identificados en las muestras. Al igual que los resultados anteriores (Ensenada), en esta localidad es posible observar que los componentes se encuentran homogéneamente distribuidos en la muestra, debido a que ninguno de ellos supera el 15 %.

**CUADRO 12 Coeficientes de variación de los 11 principales compuestos identificados en las muestras provenientes de Cuquimo, en las distintas fechas de cosecha.**

Componente identificado	Coeficiente de variación (%) por fecha de cosecha.		
	1º semana de enero 2004	3º semana de enero 2004	2º semana de febrero 2004
$\alpha$ - Pineno	4,726	2,856	4,492
$\beta$ - Pineno	3,911	6,557	5,911
Z- Ocimeno	1,310	4,945	5,036
E- Ocimeno	5,074	8,854	4,372
Linalol	3,997	4,898	4,250
Borneol	7,528	6,761	6,098
Lavandulol	5,642	10,438	5,402
Terpinen-4-ol	3,195	2,259	3,156
Acetato de Linalilo	1,778	5,679	3,949
Mezcla (*)	3,120	5,882	3,097
Cariofileno	3,915	5,522	3,838

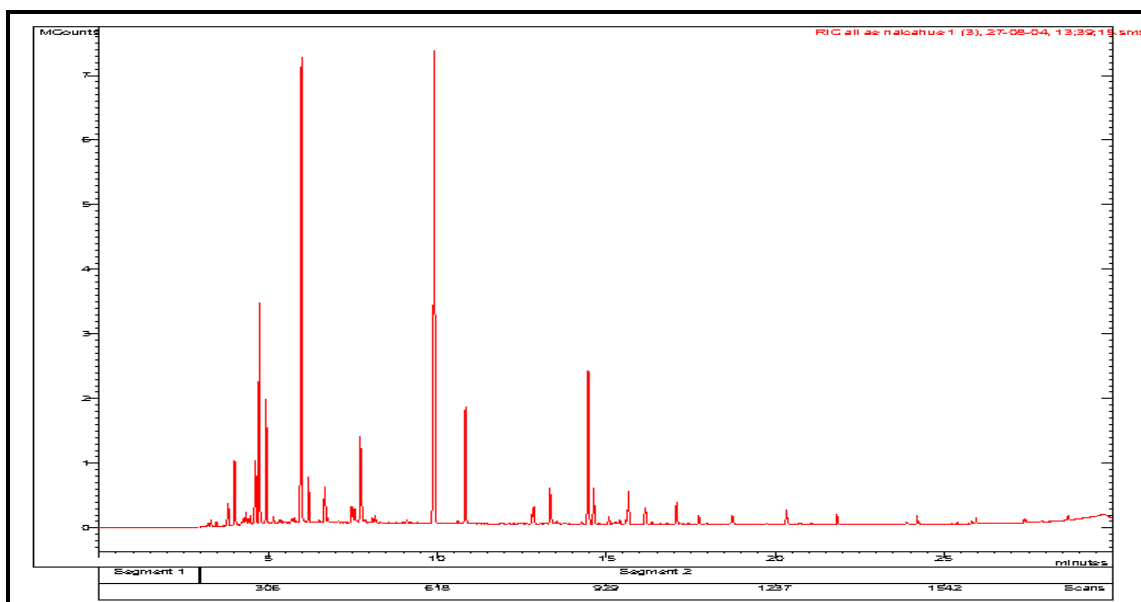
\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

### **4.3 Principales componentes identificados por GC/MS, del aceite esencial de lavanda cosechado en el período enero – febrero del año 2004 en la localidad de La Unión, sector de Pampa Negrón.**

El aceite proveniente de la localidad de La Unión (sector Pampa Negrón) corresponde al obtenido de una mezcla de varios momentos de cosecha comprendidos entre los períodos de enero a febrero del año 2004. Debido a la condición explicada anteriormente el aceite del sector Pampa Negrón es totalmente distinto de los ya estudiados en Ensenada y Cuquimo. Por lo tanto no puede ser comparado en cuanto a las fechas de cosecha con los resultados de estos últimos dos sectores. Sin embargo, es posible compararlo independiente de las fechas de cosecha y con la norma internacional para así tener una apreciación de su calidad.

En la Figura 10 se observa el cromatograma obtenido del análisis del aceite esencial de lavanda cosechado en este período. Al estudiar los patrones distintivos de fragmentación, que las moléculas proporcionaron del análisis de este cromatograma, se obtuvo la información necesaria para identificar mediante el Software NIST 98 MS los resultados que se observan en el Cuadro 10.

Al comparar los cromatogramas de los aceites anteriores (Ensenada y Cuquimo) con el del sector Pampa Negrón es posible observar que este último posee un perfil cromatográfico muy diferente, variando considerablemente en el porcentaje de alguno de sus compuestos.



**FIGURA 10** Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en el verano del año 2004 en el sector de Pampa Negrón.

En los resultados del Cuadro 13 (Anexo 23) el aceite cosechado para esta localidad no difiere de los ya estudiados en Ensenada y Cuquimo en que los mayores componentes identificados corresponden a linalol y acetato de linalilo, algo que sería típico de un aceite de buena calidad. El contenido de linalol está levemente bajo el rango de la norma internacional con un contenido similar al descrito por LOPEZ *et al.*, (1997), para la zona de Rinconada de Maipú, en la zona central de Chile.

El porcentaje de acetato de linalilo, se destaca por ser el más alto determinado por la técnica CG/MS de los tres lugares en estudio, lo que al momento de determinar la calidad del aceite es muy importante, ya que este compuesto es según PORTILLA (2002), es el más importante al momento de determinar la calidad de un aceite de lavanda.

En el contenido de terpinen -4- ol llama la atención su baja concentración en la muestra, debido a que no llega al mínimo establecido por la norma internacional, siendo sus resultados muy similares a los obtenidos por KIM y LEE, (2002).

El contenido de lavandulol es otra característica atípica en esta muestra, el cual es bastante elevado, no habiendo resultados similares en estudios realizados por CG/MS para este compuesto en lavanda. En Chile LOPEZ *et al.*, (1997), el máximo determinado para una muestra fue de 1,36%, mientras que para esta muestra se determinó en 3,8% de contenido, para el cual la norma sólo especifica un rango mínimo de presencia, el que es de 0,3%.

De los contenidos de Z-ocimeno y E-ocimeno como se puede observar en el Cuadro 13 cumplen muy bien a lo indicado por la norma internacional. Los porcentajes de:  $\alpha$ - pineno,  $\beta$  - pineno, borneol y cariofileno son similares a los descritos en las localidades de Ensenada y Cuquimo, los que no serían relevantes para determinar la calidad del aceite esencial, debido a que la norma no indica rangos para estos compuestos.

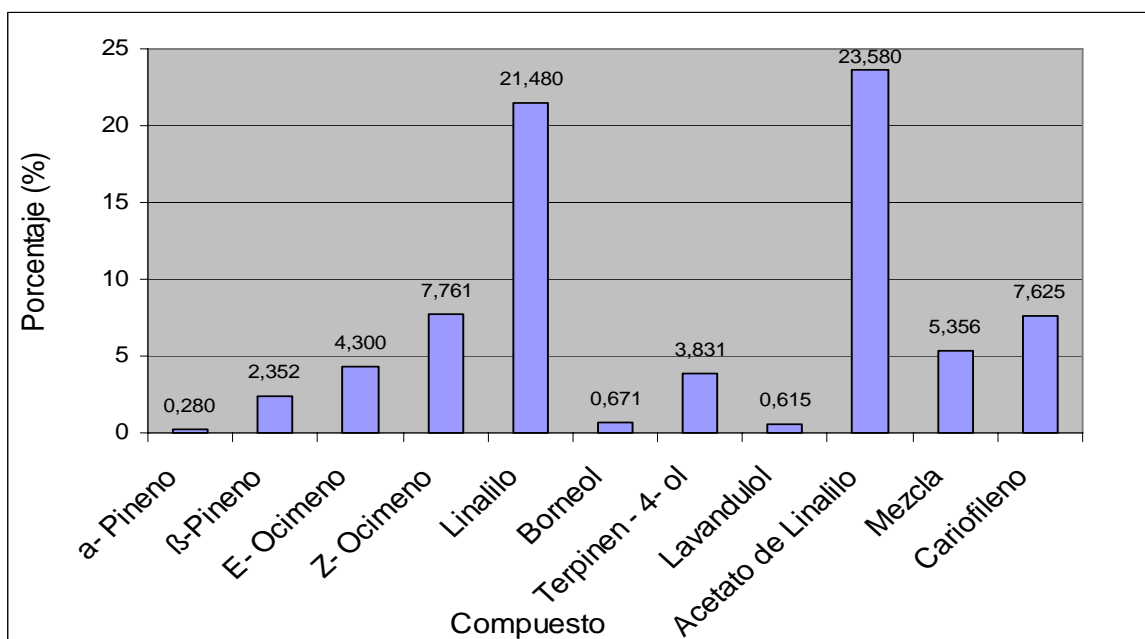
La mezcla de: linalil, neril y geranil acetato adquiere importancia en esta muestra debido a que se podría considerar como acetato de linalilo, lo que podría elevar en un 5,3% el porcentaje de este último compuesto influyendo notoriamente en la calidad del aceite.

**CUADRO 13 Porcentaje de los principales componentes identificados del aceite esencial de lavanda, en la localidad de La Unión, sector Pampa Negrón y su rango aceptado por la norma ISO:3515.**

Componente identificado	(%) Promedio de la muestra	Rango (%) (Norma ISO 3515: 2002)
$\alpha$ - Pineno	0,280	–
$\beta$ - Pineno	2,352	–
Z- Ocimeno	7,761	4 – 10
E- Ocimeno	4,300	2 – 6
Linalol	21,480	25 – 38
Borneol	0,671	–
Lavandulol	0,615	Mínimo 0.30
Terpinen-4-ol	3,831	2 – 6
Acetato de Linalilo	23,580	25 – 45
Mezcla (*)	5,356	–
Cariofileno	7,625	–

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato; (–) no señala rango.

En la Figura 11, se representa gráficamente el contenido de los 11 principales compuestos cuantificados en el aceite esencial de lavanda para la localidad de La Unión, en él se resumen los datos obtenidos del Anexo 23. En el gráfico se aprecia la importancia del acetato en esta muestra, siendo superior al contenido de linalol, característica que sólo fue encontrada en esta muestra del estudio.



**FIGURA 11 Principales compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de La Unión, sector de Pampa Negrón.**

Un estudio realizado por TSURO *et al.*, (2001), señalan que los componentes volátiles en lavanda parecen ser distribuidos homogéneamente en las flores de la planta. Esta aseveración es confirmada en el Cuadro 14, donde se presentan promedio, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Pampa Negrón. Del mismo Cuadro se infiere que son homogéneas las concentraciones de los compuestos identificados, debido a que ninguno supera el 15 % de CV.

**CUADRO 14 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Pampa Negrón.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,280	0,029	10,316
$\beta$ - Pineno	2,352	0,097	4,134
Z- Ocimeno	7,761	0,324	4,172
E- Ocimeno	4,300	0,092	2,150
Linalol	21,480	0,533	2,483
Borneol	0,671	0,009	1,409
Lavandulol	0.615	0,077	12,479
Terpinen - 4- ol	3.831	0,174	4,554
Acetato de Linalilo	23,580	0,527	2,236
Mezcla (*)	5,356	0,121	2,259
Cariofileno	7,625	0,155	2,034

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.



## 5 CONCLUSIONES

De la investigación realizada se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Se estableció que los compuestos identificados por espectrometría de masa en este estudio corresponden a:  $\alpha$  - tujeno,  $\alpha$  - pineno, campheno,  $\beta$ -pineno, cis - $\beta$ - ocimeno, trans - $\beta$ - ocimeno, cis - linalol óxido, terpinoleno, linalol, borneol, lavandulol, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, linalil acetato, neril acetato, cariofileno, germacreno D, óxido de cariofileno y una mezcla de: linalil, neril y geranil acetato.

De los compuestos identificados los mayores porcentajes corresponden a:  $\alpha$  - pineno,  $\beta$  - Pineno, cis - $\beta$ - ocimeno, trans - $\beta$ - ocimeno, linalol, borneol, lavandulol, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, acetato de linalilo, cariofileno, y una mezcla de: linalil, neril y geranil acetato. Siendo los más elevados los correspondientes a linalol y acetato de linalilo.

Los componentes en el aceite esencial extraído de las flores de lavanda, por corriente de vapor de agua se encuentran distribuidos homogéneamente en todas las muestras. Además, presentan diferencias en el porcentaje de su composición, dependiendo estas de la época de cosecha.

En la localidad de Ensenada y Cuquimo el contenido del compuesto linalol aumenta conforme avanza el tiempo de cosecha, llegando a cumplir en la segunda y tercera fecha de cosecha sin mayores inconvenientes las especificaciones de la norma internacional ISO: 3515.

En relación con la calidad del aceite esencial, se determinó que siendo estos en general de buena calidad, es necesario un estudio de las condiciones de extracción del aceite esencial en las localidades de Ensenada y Cuquimo, debido a que los resultados indican que es posible que estas no sean las óptimas y que puedan ser mejoradas. Así lo dejan en manifiesto el alto contenido de cis - $\beta$ - ocimeno, trans - $\beta$ - ocimeno encontrado en las muestras, lo que puede explicar el moderado contenido de acetato de linalilo encontrado en ellas.

El aceite proveniente de la localidad de Pampa Negrón es el de mejor calidad, si se considera que posee el más alto porcentaje de acetato de linalilo y su contenido de cis - $\beta$ - ocimeno, trans - $\beta$ - ocimeno no excede los límites permitidos por la norma internacional ISO:3515.

## 6 RESUMEN

En tres localidades de la X Región de Chile, se realizó una caracterización por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (GC/MS), del aceite esencial de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) . Se utilizaron muestras de aceites comerciales, extraídos en varias fases del estado fenológico de floración y de una mezcla de aceites, se determinó su variación en la composición y se comparó con la Norma Internacional ISO: 3515.

Para su caracterización en este estudio se utilizó la forma estructural de los espectros totales y sus patrones distintivos de fragmentación en las moléculas, información que proporciona la espectrometría de masa del análisis de los cromatogramas obtenidos. Mediante esta técnica se determinó parte importante de la composición química de los aceites producidos en estas distintas localidades de la Décima Región.

Se identificaron 19 compuestos por espectrometría de masa en este estudio, siendo los principales:  $\alpha$  - pineno,  $\beta$  - pineno, cis - $\beta$ - ocimeno, trans - $\beta$ - ocimeno, linalol, borneol, lavandulol, terpinen - 4- ol, acetato de linalilo, cariofileno y una mezcla de: linalil, neril y geranil acetato. Además, en todas las muestras de aceite los mayores porcentajes corresponden a linalol y acetato de linalilo.

Con relación a la calidad del aceite esencial se determinó que siendo estos en general de buena calidad, es necesario enfocar nuevos estudios en lo concerniente a las condiciones de extracción, las que al parecer podrían ser mejoradas.

## SUMMARY

In three different areas of the X Region of Chile, a characterization was made by means of a gas chromatography joined to a mass spectrometry (GC/MS) of the essential oil of lavender (*Lavandula Angustifolia* Mill.). Commercial oil samples, which were extracted in several stages of the phenological state of blooming, and a mixture of oils were used, its variation in composition was determined and compared to the International Standard ISO:3515.

For its characterization in this study, the structural form of the total spectrums and its distinctive patterns of fragmentation in molecules was used, information provided by the mass spectrometry of the chromatogram analysis were obtained. By this technique, an important part of the chemical composition of the oils produced in these different areas of the Tenth Region was determined.

In this study, 19 compounds were identified by mass spectrometry, among the most important ones:  $\alpha$  - pinene,  $\beta$  - pinene, cis - $\beta$ - ocimeno, trans -  $\beta$ - ocimeno, linalool, borneol, lavandulol, terpinen - 4 - ol, linalyl acetate, caryophyllene and mixture of: linalyl, neryl and geranyl acetate. However, in all samples the highest percentages correspond to linalool and linalyl acetate.

In relation to the quality of the essential oil it was determined that although it is generally of a good quality, it is necessary to focus new studies applicable to extraction conditions, which apparently could be improved.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, C. y CUSTODIO, R. 2004. Universidad Estadual de Campinas. Instituto de Química. On line:<[http://www.chemkeys.com/esp/md/mds\\_7/cgced\\_1/cgced\\_1.htm](http://www.chemkeys.com/esp/md/mds_7/cgced_1/cgced_1.htm)> (09.sep.2004).
- BANTHORPE, D., BATES, M. e IRELAND, M. 1995. Stimulation of accumulation of terpenoids by cell suspensions of *Lavandula angustifolia* following pre-treatment of parent callus. 1995. *Phytochemistry* 40 (1): 83-87.
- BAROCELLI, E., CALCINA, F., CHIAVARINI, M., IMPICCIATORE, M., BRUNI, R., BIANCHI, A. y BALLABENI, V. 2004. Antinociceptive and gastroprotective effect of inhaled and orally administered *Lavandula hybrida* Reverchon "Grosso" essential oil. *Life Sciences* 76: 213-223.
- BRUNET, E. 2004. "La Química Orgánica Transparente". Universidad Autónoma de Madrid. On line:< [http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qorg/doce/encia\\_red/qo/l21/funem.html](http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qorg/doce/encia_red/qo/l21/funem.html)> (22.agos.2004).
- CABAU, R. 2003. Productos secundarios del bosque. On line: <<http://www.ctfc.es/apsb/es/pam.htm>>(15.may.2004).
- CAIRO, M. 2003. Aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus limonium*). On line: < <http://www.monografias.com/trabajos12/aceitesc/aceitesc.shtml>> (05.may.2004).

- CORTEZ, R. 2004. Cromatografía de gases. Red Latinoamericana de Química. On line: < <http://latina.chem.cinvestav.mx/RLQ/tutoriales/cromatografia/Gas.htm#cromatografia>> (15.sep.2004).
- CHU, C., y KEMPER, K. 2001. Lavender (*Lavandula spp.*). On line: <<http://www.mcp.edu/herbal/lavender.pdf>> (10.may.2004).
- DAVIS, J. y CAMPER, D. 2001. Lavender, History, Taxonomy, & Production. On line: < <http://www.ces.ncsu.edu/fletcher/staff/jmdavis/lav.html>> (04.may.2004).
- FUENTEALBA, J. 1999. Cultivo de la lavanda para la obtención de aceite esencial. Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Dirección de Extensión. 8p.
- FUNDACIÓN PARA LA INNOVACION AGRARIA (FIA). 2001. Producción de plantas medicinales y aromáticas. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 67 p.
- . 2003. Plantas medicinales y aromáticas evaluadas en Chile. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 315 p.
- GUILLEN, M., CABO, N. y BURILLO, J. 1996. Characterisation of the essential oils of some cultivated plants of industrial interest. Journal of the science of food and agriculture, 70 (3): 359-363.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2002. Oils of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). Suiza, Génova. 16 p.

- . 2004. Oils of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill). On line:<  
[http://ftp2.ansi.org/download/free\\_download.asp?document=ISO+3515%2FCor1%3A2004](http://ftp2.ansi.org/download/free_download.asp?document=ISO+3515%2FCor1%3A2004)> (05.agos.2004).
- KERR, J. 2003. The odour perception of essential oils. On line: < <http://www.user.s.globalnet.co.uk/~nodice/new/magazine/odour/odour.htm> (20.oct.2004).
- KIM, N. y LEE, D. 2002. Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography-mas spectrometry. *Journal of Chromatography* 982: 31-47.
- LOPEZ, X., BAGISNKY, C. y PORTILLA, G. 1997. Caracterización del crecimiento y rendimiento de plantas de Lavanda establecidas en la región central de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 57 (2):113-121.
- MONTES, M., WILKOMIRSKY, T. y VALENZUELA, L. 1992. Plantas medicinales. Concepción, Chile. Ediciones Universidad de Concepción. 207 p.
- ORTEGA, X. y VILLARROEL, G. 2002. Comercio internacional del aceite de lavanda. *Mercados de la Unión Europea y Estados Unidos. Tierra Adentro (Chile)* 43: 32-35.
- ORTEGA, X., SALAZAR, E. y PORTILLA, G. 2001a. Producción de esencias aromáticas en Chile. *Mercado de aceites esenciales. Tierra Adentro (Chile)* 39: 10-13.
- . 2001b. Producción de esencias aromáticas en Chile. Las importaciones de aceite de lavanda. *Tierra Adentro (Chile)* 40: 10-13.

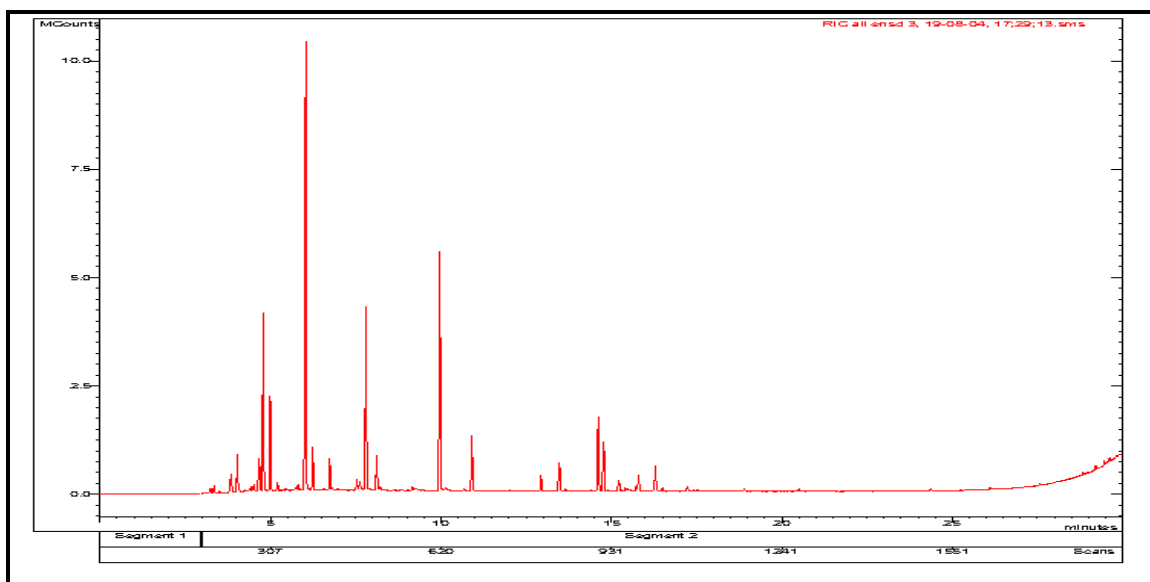
- PORTILLA, G. 2002. Esencia con aroma a negocio. Diario electrónico Mercosurco. On line: <<http://www.mercosurco.com.ar/Notas.asp?Codigo=2309>> (20.oct.2004).
- QUATTROCCHI, O., ABELAIRA, S. y LABA, R. 1992. Introducción a la HPLC. Buenos Aires. Argentina. Artes Gráficas Farro S.A. 407p.
- RED LATINOAMERICANA DE QUÍMICA. 2004. Cromatografía de Gases. On line:<<http://www.relaq.mx/RLQ/tutoriales/cromatografia/gas.html#portador>> (12.agos.2004).
- RICCIARDI, G. 2003. Aceites esenciales. On line: <<http://www.members.tripod.com/aromaticas/Aceites.htm>>. (03.may.2004).
- RUBINSON, K. y RUBINSON, J. 2001. Análisis instrumental. Madrid. España. Pearson Education S .A. 847p.
- SHARAPIN, N. 2000. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Santa Fé de Bogotá. Colombia. 247p.
- SOCIEDAD VIVENDI UNIVERSAL. 2004. Clasificación botánica. On line: <[http://www.iespana.es/natureduca/botan\\_dicotolidoneas5.htm](http://www.iespana.es/natureduca/botan_dicotolidoneas5.htm)>. (15.abr. 2004).



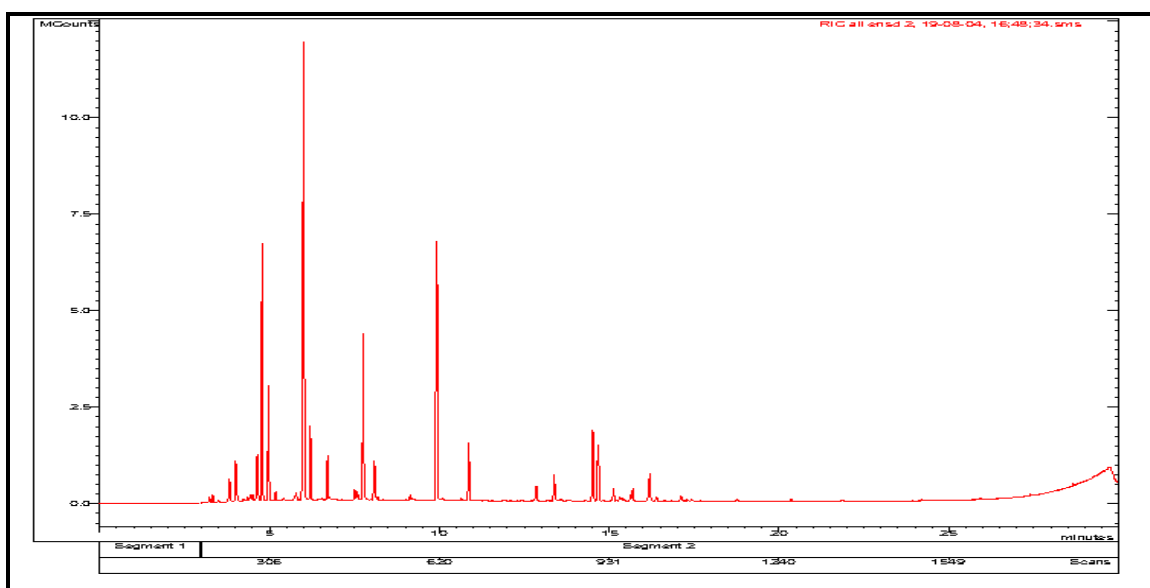
- SHELLIE, R., MONDELLO, L. MARRIOTT, P y DUGO, G. 2002. Characterisation of lavender essential oils by using gas chromatography-mass spectrometry with correlation of linear retention indices and comparison with comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Journal of Chromatography* 970: 225 - 234.
- STAMBUK, J. 1970. Manual práctico de cromatografía de gases. Perkin-Elmer Corporation. Norwalk. Estados Unidos. 40 p.
- TSURO, M., INOUE, M. y KAMEOKA, H. 2001. Variation in essential oil components in regenerated lavender (*Lavandula vera* DC) plants. *Scientia horticultrae* 88 (4) : 309-317.
- UNION INTERNACIONAL DE QUIMICA PURA Y APLICADA (IUPAC). 2004. Glosario de Cromatografía. On line: <[http://www.uah.es/bioquimica/b-fbbma/cromat/iupac/nomen\\_menu.htm](http://www.uah.es/bioquimica/b-fbbma/cromat/iupac/nomen_menu.htm)> (10.agos.2004).
- VIRGINIA POLYTECHNIC INTITUTE AND STATE UNIVERYSYTE. 2004. Introducción a la espectrometría de masa. On line: [www.chem.vt.edu/chem-ed/ms/ms-intro.html](http://www.chem.vt.edu/chem-ed/ms/ms-intro.html). (25.sep.2004).
- VOGEL, H. y BERTI, M. 2003. Como producir plantas medicinales y aromáticas de calidad. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 169 p.
- WIESENFELD, E. 2004. Aroma profiles of various lavandula species. On line:<<http://wwwsisweb.com/referenc/applnote/noville.htm>>(10.oct.2004)

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la segunda semana de febrero del año 2004 en la localidad de Ensenada.**



**ANEXO 2 Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la tercera semana de enero del año 2004 en la localidad de Ensenada.**



**ANEXO 3 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la primera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.323	$\alpha$ - Pineno	0.271
1	4.002	B -Pineno	1.398
1	4.775	Z- Ocimeno	9.695
1	4.966	E- Ocimeno	4.087
1	6.006	Linalilo	18.64
1	7.504	Borneol	0.567
1	7.583	Lavandulol	0.468
1	7.773	Terpinen - 4- ol	7.704
1	9.941	Acetato de Linalilo	14.59
1	10.862	Mezcla (*)	3.524
1	14.556	Cariofileno	4.239
2	3.321	$\alpha$ - Pineno	0.263
2	4.007	B -Pineno	1.837
2	4.770	Z- Ocimeno	9.641
2	4.976	E- Ocimeno	4.049
2	6.008	Linalilo	24.53
2	7.521	Borneol	0.556
2	7.600	Lavandulol	0.408
2	7.790	Terpinen - 4- ol	7.058
2	9.961	Acetato de Linalilo	13.70
2	10.903	Mezcla (*)	3.133
2	14.591	Cariofileno	4.315
3	3.287	$\alpha$ - Pineno	0.240

(Continúa)

(Continuación Anexo 3)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
3	3.989	B -Pineno	1.823
3	4.717	Z- Ocimeno	8.943
3	4.923	E- Ocimeno	3.998
3	5.960	Linalilo	22.24
3	7.416	Borneol	0.565
3	7.495	Lavandulol	0.408
3	7.684	Terpinen - 4- ol	6.734
3	9.841	Acetato de Linalilo	12.55
3	10.768	Mezcla (*)	2.907
3	14.443	Cariofileno	2.948

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato

**ANEXO 4 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la tercera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.325	$\alpha$ - Pineno	0.361
1	4.009	B -Pineno	2.029
1	4.776	Z- Ocimeno	10.620
1	4.982	E- Ocimeno	4.964
1	6.013	Linalilo	28.180
1	7.501	Borneol	0.545
1	7.580	Lavandulol	0.512

(Continúa)

(Continuación Anexo 4)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	7.763	Terpinen - 4- ol	7.530
1	9.925	Acetato de Linalilo	13.880
1	10.871	Mezcla (*)	2.971
1	14.510	Cariofileno	4.117
2	3.197	$\alpha$ - Pineno	0.324
2	3.882	B -Pineno	1.847
2	4.631	Z- Ocimeno	9.511
2	4.821	E- Ocimeno	4.487
2	5.862	Linalilo	24.21
2	7.336	Borneol	0.464
2	7.415	Lavandulol	0.389
2	7.605	Terpinen - 4- ol	7.540
2	9.751	Acetato de Linalilo	11.900
2	10.672	Mezcla (*)	2.684
2	14.369	Cariofileno	3.740
3	3.265	$\alpha$ - Pineno	0.337
3	3.947	B -Pineno	1.939
3	4.684	Z- Ocimeno	9.966
3	4.889	E- Ocimeno	4.667
3	5.949	Linalilo	27.920
3	7.403	Borneol	0.515
3	7.481	Lavandulol	0.508
3	7.686	Terpinen - 4- ol	8.135
3	9.844	Acetato de Linalilo	12.470
3	10.763	Mezcla (*)	2.768
3	14.440	Cariofileno	3.773

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 5 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Ensenada cosechado la segunda semana de febrero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.337	$\alpha$ - Pineno	0.331
1	4.038	B -Pineno	2.013
1	4.800	Z- Ocimeno	9.162
1	4.990	E- Ocimeno	4.893
1	6.038	Linalilo	26.240
1	7.540	Borneol	0.604
1	7.619	Lavandulol	0.590
1	7.809	Terpinen - 4- ol	10.220
1	9.973	Acetato de Linalilo	13.930
1	10.918	Mezcla (*)	3.288
1	14.617	Cariofileno	4.457
2	3.320	$\alpha$ - Pineno	0.307
2	4.007	B -Pineno	1.818
2	4.767	Z- Ocimeno	7.142
2	4.972	E- Ocimeno	4.293
2	6.021	Linalilo	24.380
2	7.512	Borneol	0.573
2	7.591	Lavandulol	0.545
2	7.780	Terpinen - 4- ol	9.442
2	9.956	Acetato de Linalilo	12.380
2	10.893	Mezcla (*)	3.044
2	14.614	Cariofileno	4.151
3	3.286	$\alpha$ - Pineno	0.340

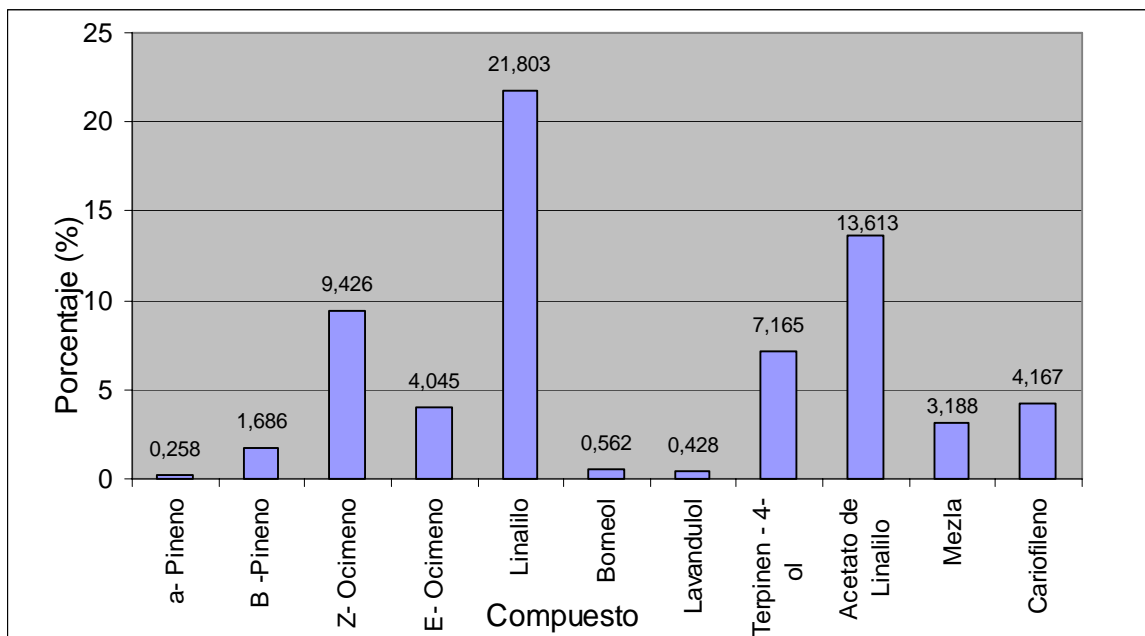
(Continúa)

(Continuación Anexo 5)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
3	3.982	B -Pineno	1.986
3	4.703	Z- Ocimeno	7.847
3	4.908	E- Ocimeno	4.628
3	5.951	Linalilo	26.430
3	7.431	Borneol	0.593
3	7.510	Lavandulol	0.549
3	7.699	Terpinen - 4- ol	9.904
3	9.859	Acetato de Linalilo	12.670
3	10.780	Mezcla (*)	3.106
3	14.444	Cariofileno	4.237

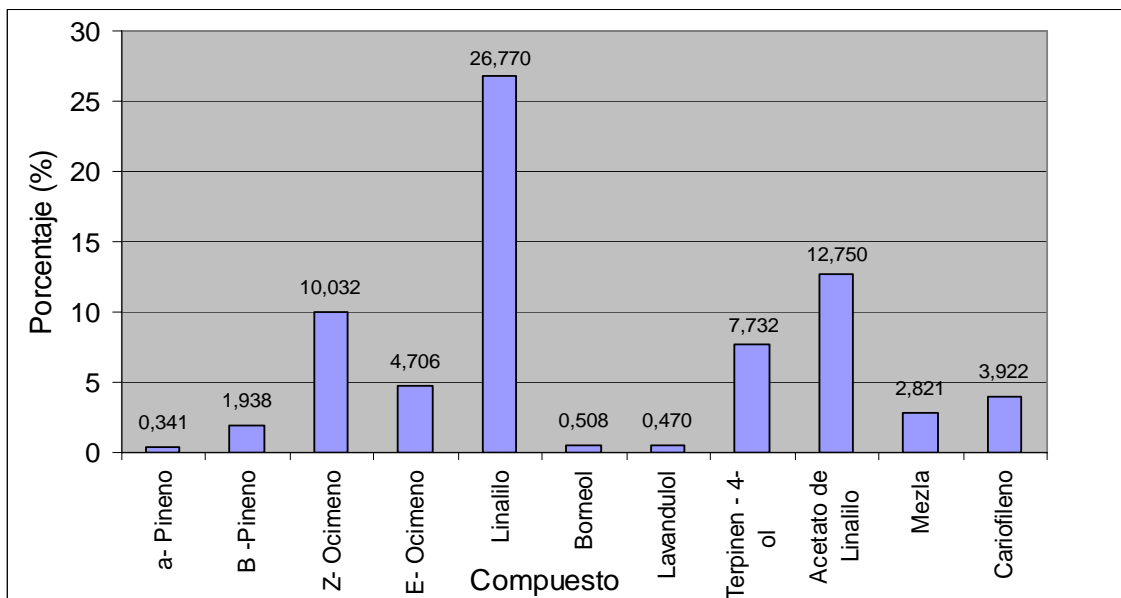
\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato

**ANEXO 6 Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la primera semana de enero 2004.**

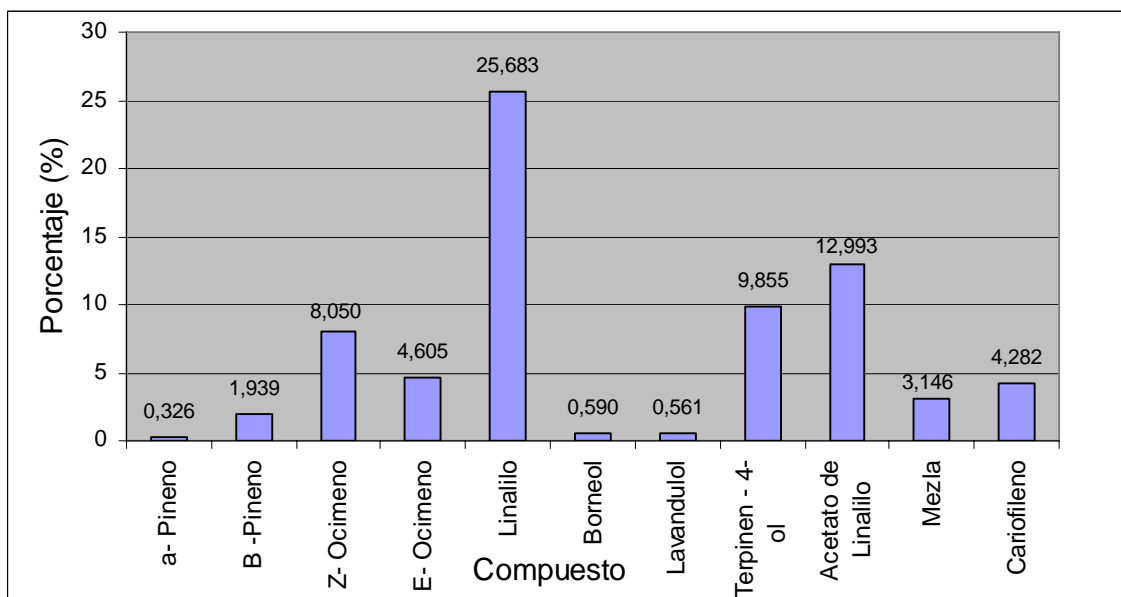




**ANEXO 7 Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la tercera semana de enero 2004.**



**ANEXO 8 Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Ensenada, cosechada la segunda semana de febrero del 2004.**



**ANEXO 9 Coeficiente de variación de 11 compuestos identificados en las muestras del aceite esencial de lavanda, extraído de flores en las distintas fechas de cosecha en la localidad de Ensenada.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,258	0,016	6,238
B –Pineno	1,686	0,250	14,799
Z- Ocimeno	9,426	0,419	4,450
E- Ocimeno	4,045	0,045	1,104
Linalol	21,803	2,969	13,618
Borneol	0,562	0,006	1,041
Lavandulol	0,428	0,035	8,094
Terpinen - 4- ol	7,165	0,494	6,892
Acetato de Linalilo	13,613	1,023	7,513
Mezcla (*)	3,188	0,312	9,792
Cariofileno	4,167	0,194	4,648

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 10 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 compuestos identificados en la muestra proveniente de Ensenada, cosechada la tercera semana de enero 2004.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,341	0,019	5,510
B –Pineno	1,938	0,091	4,695
Z- Ocimeno	10,032	0,557	5,557
E- Ocimeno	4,706	0,241	5,119

(Continúa)

(Continuación Anexo 10)

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%).
Linalol	26,770	2,221	8,296
Borneol	0,508	0,041	8,061
Lavandulol	0,470	0,070	14,880
Terpinen - 4- ol	7,732	0,349	4,520
Acetato de Linalilo	12,750	1,019	7,994
Mezcla (*)	2,821	0,144	5,105
Cariofileno	3,922	0,177	4,502

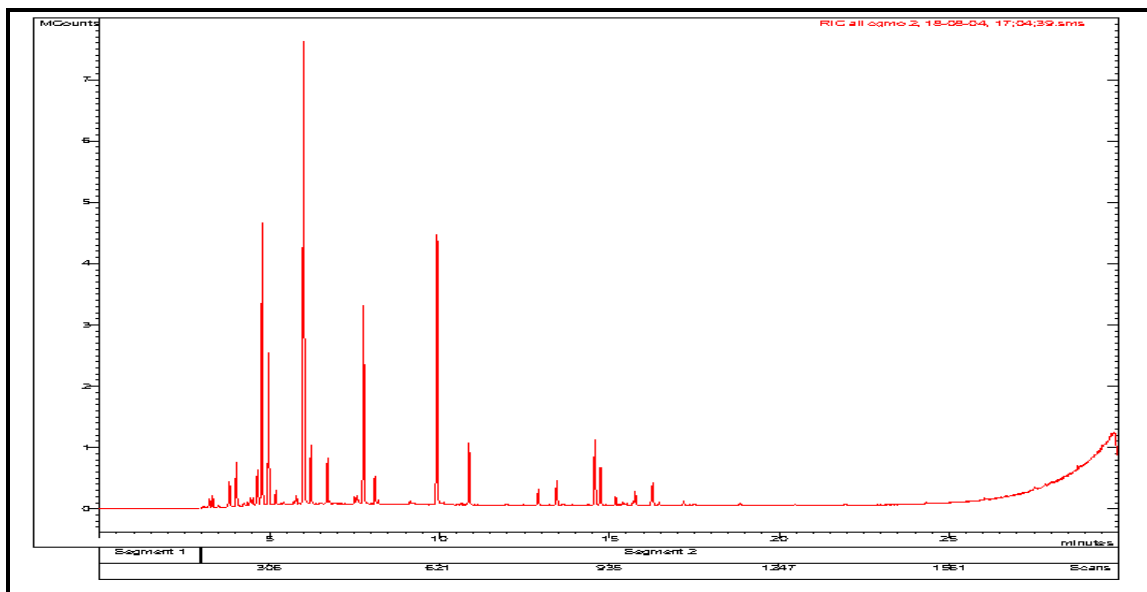
\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 11 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Ensenada, cosechada la segunda semana de febrero 2004.**

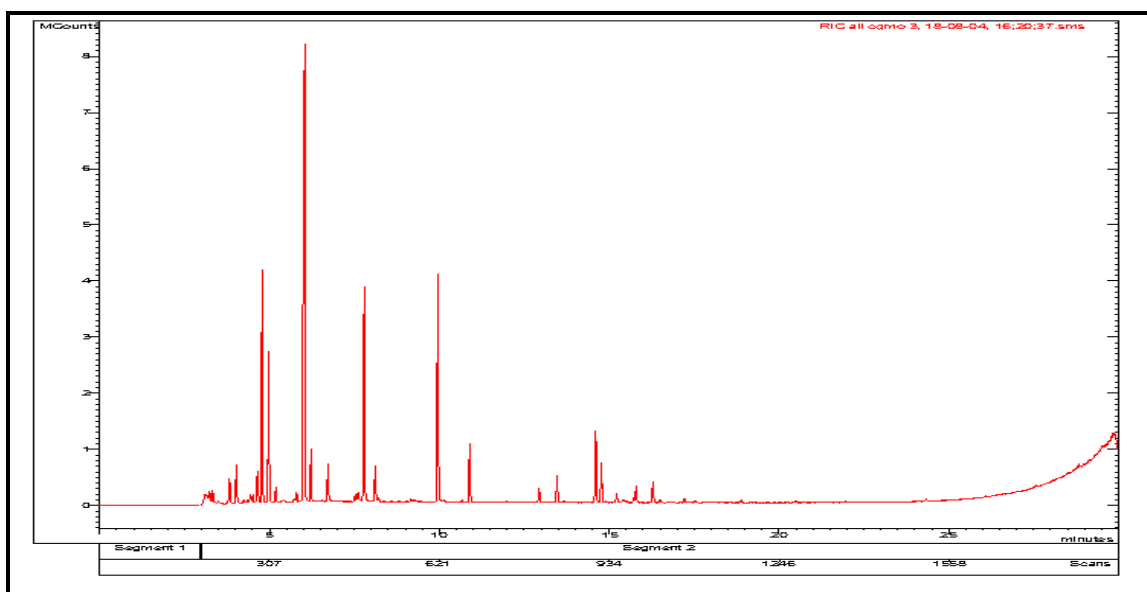
Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,326	0,017	5,233
B -Pineno	1,939	0,106	5,449
Z- Ocimeno	8,050	1,025	12,735
E- Ocimeno	4,605	0,301	6,530
Linalol	25,683	1,133	4,410
Borneol	0,590	0,016	2,664
Lavandulol	0,561	0,025	4,437
Terpinen - 4- ol	9,855	0,391	3,970
Acetato de Linalilo	12,993	0,824	6,342
Mezcla (*)	3,146	0,127	4,031
Cariofileno	4,282	0,158	3,686

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 12** Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la tercera semana de enero del año 2004 en la localidad de Cuquimo.



**ANEXO 13** Cromatograma del aceite esencial de lavanda, cosechado en la segunda semana de febrero del año 2004 en la localidad de Cuquimo.



**ANEXO 14 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la primera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.336	$\alpha$ - Pineno	0.379
1	4.027	B -Pineno	2.185
1	4.785	Z- Ocimeno	12.450
1	4.991	E- Ocimeno	5.065
1	6.021	Linalilo	22.600
1	7.520	Borneol	0.432
1	7.584	Lavandulol	0.380
1	7.774	Terpinen - 4- ol	6.668
1	9.949	Acetato de Linalilo	13.210
1	10.895	Mezcla(*)	3.121
1	14.603	Cariofileno	3.828
2	3.335	$\alpha$ - Pineno	0.415
2	4.022	B -Pineno	2.352
2	4.785	Z- Ocimeno	12.780
2	4.991	E- Ocimeno	5.522
2	6.026	Linalilo	24.260
2	7.538	Borneol	0.502
2	7.617	Lavandulol	0.369
2	7.807	Terpinen - 4- ol	7.107
2	9.973	Acetato de Linalilo	13.300
2	10.919	Mezcla(*)	3.277
2	14.643	Cariofileno	3.993
3	3.324	$\alpha$ - Pineno	0.407

(Continúa)

(Continuación Anexo 14)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
3	4.029	B -Pineno	2.324
3	4.791	Z- Ocimeno	12.60
3	4.982	E- Ocimeno	5.552
3	6.035	Linalilo	24.220
3	7.537	Borneol	0.476
3	7.601	Lavandulol	0.411
3	7.791	Terpinen - 4- ol	6.867
3	9.970	Acetato de Linalilo	13.660
3	10.914	Mezcla(*)	3.310
3	14.621	Cariofileno	4.140

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 15 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la tercera semana de enero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.328	$\alpha$ - Pineno	0.466
1	4.015	B -Pineno	2.076
1	4.773	Z- Ocimeno	10.290
1	4.979	E- Ocimeno	5.421
1	6.012	Linalilo	23.610
1	7.505	Borneol	0.340
1	7.584	Lavandulol	0.428
1	7.775	Terpinen - 4- ol	8.681

(continúa)

(Continuación Anexo 15)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	9.930	Acetato de Linalilo	13.28
1	10.868	Mezcla(*)	2.692
1	14.576	Cariofileno	3.509
2	3.337	$\alpha$ - Pineno	0.476
2	4.025	B -Pineno	2.192
2	4.789	Z- Ocimeno	10.810
2	4.995	E- Ocimeno	5.879
2	6.032	Linalilo	24.990
2	7.532	Borneol	0.362
2	7.611	Lavandulol	0.501
2	7.802	Terpinen - 4- ol	9.005
2	9.977	Acetato de Linalilo	14.140
2	10.923	Mezcla (*)	2.853
2	14.648	Cariofileno	3.673
3	3.323	$\alpha$ - Pineno	0.493
3	4.011	B -Pineno	2.364
3	4.693	Z- Ocimeno	11.360
3	4.899	E- Ocimeno	6.467
3	5.928	Linalilo	26.040
3	7.438	Borneol	0.389
3	7.502	Lavandulol	0.525
3	7.683	Terpinen - 4- ol	8.645
3	9.853	Acetato de Linalilo	14.880
3	10.794	Mezcla (*)	3.028
3	14.497	Cariofileno	3.915

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 16 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Cuquimo cosechado la segunda semana de febrero con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.332	$\alpha$ - Pineno	0.587
1	4.019	B -Pineno	1.917
1	4.777	Z- Ocimeno	9.133
1	4.982	E- Ocimeno	5.784
1	6.033	Linalilo	24.650
1	7.527	Borneol	0.318
1	7.606	Lavandulol	0.511
1	7.796	Terpinen - 4- ol	9.899
1	9.966	Acetato de Linalilo	11.020
1	10.893	Mezcla (*)	2.715
1	14.609	Cariofileno	3.609
2	3.322	$\alpha$ - Pineno	0.578
2	4.009	B -Pineno	2.157
2	4.772	Z- Ocimeno	10.100
2	4.979	E- Ocimeno	6.304
2	6.014	Linalilo	26.710
2	7.530	Borneol	0.357
2	7.594	Lavandulol	0.569
2	7.784	Terpinen - 4- ol	10.530
2	9.968	Acetato de Linalilo	11.730
2	10.910	Mezcla (*)	2.888
2	14.626	Cariofileno	3.840

(continúa)

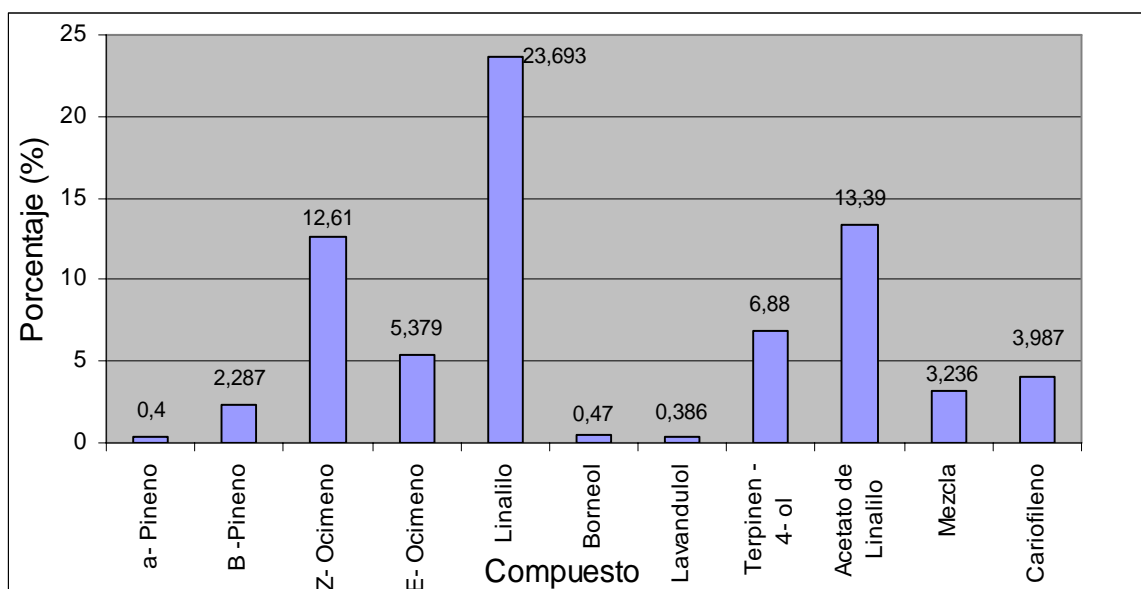


(Continuación Anexo 16)

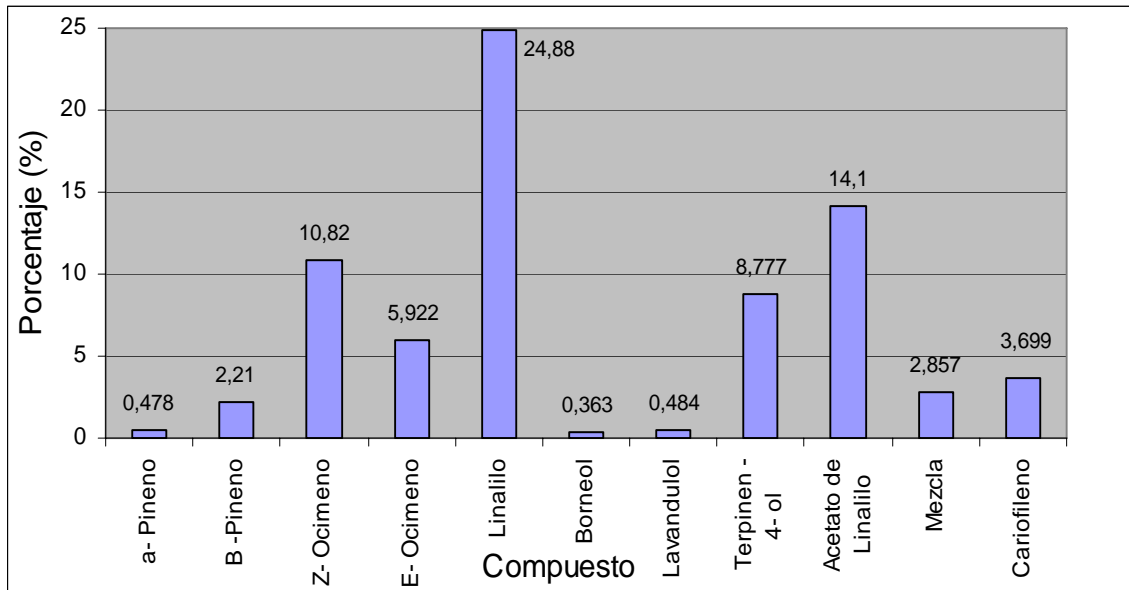
Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
3	3.269	$\alpha$ - Pineno	0.539
3	3.949	B -Pineno	2.026
3	4.710	Z- Ocimeno	9.694
3	4.897	E- Ocimeno	5.973
3	5.944	Linalilo	25.100
3	7.432	Borneol	0.350
3	7.510	Lavandulol	0.547
3	7.700	Terpinen - 4- ol	10.340
3	9.865	Acetato de Linalilo	11.870
3	10.799	Mezcla (*)	2.816
3	14.511	Cariofileno	3.876

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

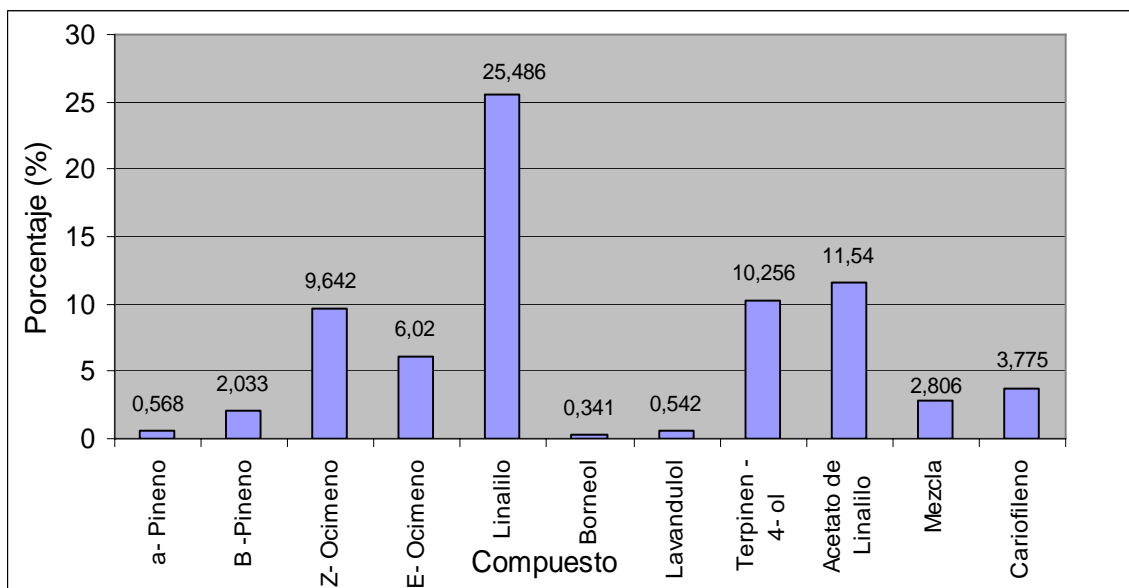
**ANEXO 17 Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la primera semana de enero 2004.**



**ANEXO 18** Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la tercera semana de enero del año 2004.



**ANEXO 19** Gráfico de compuestos identificados en aceite esencial de lavanda, en la localidad de Cuquimo, cosechado la segunda semana de febrero 2004.



**ANEXO 20 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la primera semana de enero 2004.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,4	0,019	4,726
B -Pineno	2,287	0,089	3,911
Z- Ocimeno	12,61	0,165	1,310
E- Ocimeno	5,379	0,273	5,074
Linalol	23,693	0,947	3,997
Borneol	0,47	0,035	7,528
Lavandulol	0,386	0,022	5,642
Terpinen - 4- ol	6,88	0,220	3,195
Acetato de Linalilo	13,39	0,238	1,778
Mezcla (*)	3,236	0,101	3,120
Cariofileno	3,987	0,156	3,915

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 21 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los 11 compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la Tercera semana de enero del año 2004.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,478	0,014	2,856
B -Pineno	2,21	0,145	6,557
Z- Ocimeno	10,82	0,535	4,945
E- Ocimeno	5,922	0,524	8,854

(Continúa)

(Continuación Anexo 21)

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%).
Linalol	24,88	1,219	4,898
Borneol	0,363	0,025	6,761
Lavandulol	0,484	0,051	10,438
Terpinen - 4- ol	8,777	0,198	2,259
Acetato de Linalilo	14,1	0,801	5,679
Mezcla (*)	2,857	0,168	5,882
Cariofileno	3,699	0,204	5,522

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 22 Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los principales compuestos identificados en la muestra proveniente de Cuquimo, cosechado la segunda semana de febrero 2004.**

Compuesto identificado	Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%).
$\alpha$ - Pineno	0,568	0,026	4,492
B -Pineno	2,033	0,120	5,911
Z- Ocimeno	9,642	0,486	5,036
E- Ocimeno	6,02	0,263	4,372
Linalol	25,486	1,083	4,250
Borneol	0,341	0,021	6,098
Lavandulol	0,542	0,029	5,402
Terpinen - 4- ol	10,256	0,324	3,156
Acetato de Linalilo	11,54	0,456	3,949
Mezcla (*)	2,806	0,087	3,097
Cariofileno	3,775	0,145	3,838

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.

**ANEXO 23 Listado de los compuestos identificados en la muestra proveniente del sector de Pampa Negrón cosechado el año 2004 con sus tiempos de retención y el porcentaje de participación.**

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
1	3.251	$\alpha$ - Pineno	0.249
1	3.943	B -Pineno	2.275
1	4.708	Z- Ocimeno	7.445
1	4.903	E- Ocimeno	4.258
1	5.929	Linalilo	22.080
1	7.411	Borneol	0.660
1	7.490	Lavandulol	0.583
1	7.680	Terpinen - 4- ol	3.852
1	9.810	Acetato de Linalilo	24.180
1	10.731	Mezcla (*)	5.221
1	14.415	Cariofileno	7.673
2	3.305	$\alpha$ - Pineno	0.306
2	4.007	B -Pineno	2.461
2	4.758	Z- Ocimeno	8.092
2	4.966	E- Ocimeno	4.236
2	6.003	Linalilo	21.060
2	7.501	Borneol	0.674
2	7.580	Lavandulol	0.703
2	7.768	Terpinen - 4- ol	3.647
2	9.949	Acetato de Linalilo	23.190
2	10.890	Mezcla (*)	5.454
2	14.609	Cariofileno	7.452

(Continúa)

(Continuación Anexo 23)

Repetición	Tiempo (min)	Compuesto	%
3	3.333	$\alpha$ - Pineno	0.286
3	4.035	B -Pineno	2.319
3	4.779	Z- Ocimeno	7.745
3	4.985	E- Ocimeno	4.406
3	6.022	Linalilo	21.300
3	7.519	Borneol	0.678
3	7.598	Lavandulol	0.560
3	7.789	Terpinen - 4- ol	3.994
3	9.854	Acetato de Linalilo	23.370
3	10.727	Mezcla (*)	5.394
3	14.448	Cariofileno	7.751

\*Mezcla de linalil, neril y geranil acetato.