

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Biología Vegetal I



TESIS DOCTORAL

**Aceites esenciales en el género "Rosmarinus L." de la Península
Ibérica**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María Cervera del Mármol

Directora
M^a José Pérez Alonso

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Biología Vegetal I



ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO
ROSMARINUS L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María Cervera del Mármol

Vto. Bueno

Dra. M^a José Pérez Alonso

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Biología Vegetal I



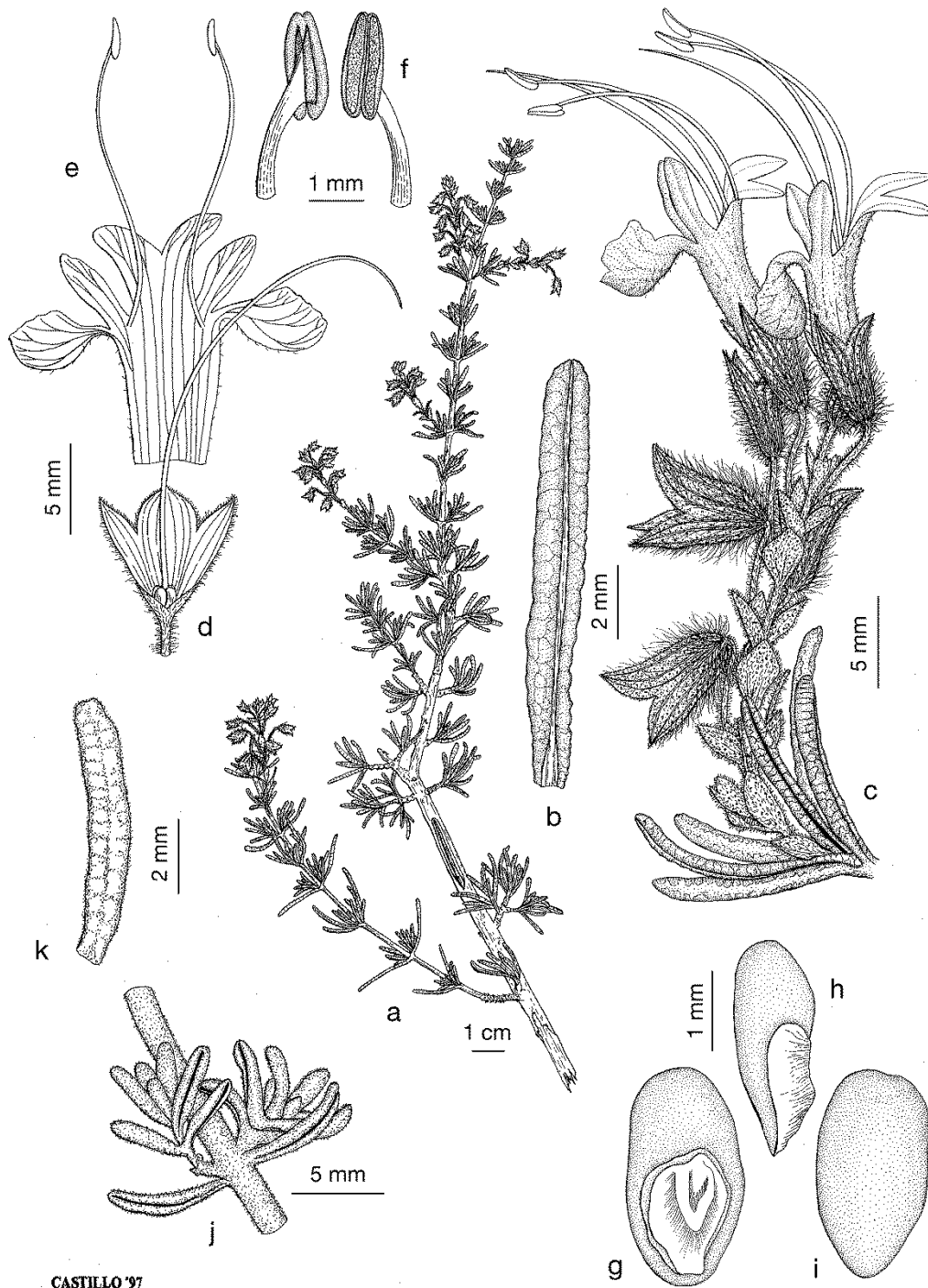
ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO
ROSMARINUS L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Memoria de Tesis Doctoral presentada por la Licenciada
María Cervera del Mármol para optar al Grado de Doctor

Vº Bº DIRECTOR DE TESIS
María José Pérez Alonso

LA DOCTORANDA
María Cervera del Mármol

MADRID, 2015



: Rosmarinus eriocalix.

Imagen cedida por el autor, Juan Castillo.

In Memoriam

Marta del Mármol Ramos

Arturo Velasco Negueruela

Que os perdí en este camino tan largo

Aquel que crees que ha muerto no ha hecho sino adelantarse en el camino
Séneca

Dedicado con todo mi amor a mis padres, pues sin vosotros no sería yo misma.

Gracias por ser como sois y gracias por la suerte que he tenido al ser vuestra hija. Tengo que agradeceros vuestro amor, apoyo y comprensión desde niña. Sé que nadie, nunca, estara más orgulloso de mi y que nadie amara mis defectos y mis virtudes en el todo que forma mi ser como vosotros. Espero estar siendo capaz de devolver tanto amor como me habéis dado.

Madre, siempre te echare de menos, siempre necesitaré tu apoyo, siempre iras en mi pensamiento.

MJ: Mi Jefa de toda la vida, la que me aguanta, me sostiene y no me deja caer ni abandonar. Los cangrejos de río de Galbe de Sorbe nos unieron, creíste en mí más allá de toda duda y aquí seguimos, años y años después con las mismas ganas de aprender, de reírnos juntas y de mirar al mundo y decir: "aquí estamos, no os olvidéis de la importancia de la composición química de las plantas". Es un gran placer trabajar contigo y aprender de ti.

Un emocionado recuerdo para Arturo Velasco, que junto a MJ vio potencial en mí y me hizo pasar muy buenos ratos en el laboratorio a la vez que me enseñaba. Lamento mucho haber tardado tanto en acabar la tesis y que no puedas verlo, Jefe.

AGRADECIMIENTOS

Tantos años, tanta gente cuyos caminos he cruzado. Tanta gente que me ha ayudado, apoyado y animado. Tanta gente con la que he tenido la suerte de compartir risas y cafés. Tanta gente que quedó atrás, tanta gente que sigue conmigo. A todos ellos, aun cuando aquí no los mencione, mis más sinceras gracias por la parte de vuestro tiempo que hemos compartido y por todo lo que me habéis dado.

Diana, mereces un lugar de honor. Sin ti y sin el patrol la recolección original de muestras habría sido muy difícil y seguramente mucho más aburrida. Eres parte de esta tesis por eso y más; y, lo más importante, una AMIGA de las que hay pocas. ¡Un tesoro!

Bea, que ya nos conocíamos antes de empezar la carrera aunque yo no lo sabía. Gracias por tantas y tantas horas compartidas, por no alejarte cuando cada una empezó su especialidad, por creer que podía llegar al final de esta aventura y por hacerme sentir, cada vez que nos vemos, que es como si hubiéramos hablado ayer.

Gisela, desde que descubrimos en primero que éramos vecinas, ahí seguimos ¡y lo que nos queda! Que no perdamos nunca la sonrisa ni la confianza.

Fátima, no sabes lo que alegro de haber estado detrás de ti en la cola de la matrícula de primero y de ser tan charlatana... Si no hubiera sido así, me habría perdido a una gran persona que ha sabido estar siempre a mi lado, decirme las cosas claras y mimarme cuando lo he necesitado.

Hubo años en los que dudé muy seriamente que algún día fuera a poder hacer los cursos de doctorado, pero la vida me brindó la oportunidad finalmente y no sólo los hice sino que conocí a tres maravillosas personas de las que me enorgullece decir que son mis amigas y compañeras, con las que comparto las risas y los problemas, cafés y cenas étnicas.

Inma: ¡café, café, café! La confianza que tienes en mí es algo precioso, muchas gracias por hacerme su depositaria. Y gracias por todas las veces que me has empujado para seguir y llegar al final.

Elena: otro lugar de honor para ti, por tu amistad y por los Viajes al Sur que han dado pie al aumento del contenido de esta tesis. Gracias por conducir tantas horas y hacer posible parte de este sueño. ¡Y por los inenarrables momentos biofrikis!

Carol: paciencia infinita que has tenido con mis dudas informáticas y de todo tipo. Gracias por toda la ayuda y por esos ceviches y empanadas tan ricas. Te echaré de menos al otro lado del charco.

Dr. Ramón Morales, el tiempo que me has dedicado, tus enseñanzas y la convicción de que creías en mis posibilidades, han hecho que yo creyera en esta tesis incluso cuando más he dudado. Gracias por todo el apoyo y por mostrarme cómo son los grandes investigadores.

Dr. Jesús Sanz y Dra. Cristina Soria, sin vuestro trabajo pinchando las muestras esta tesis no hubiera sido posible. Muchas gracias por todo el tiempo que me habéis dedicado, todas las explicaciones, las ganas de hacer cosas y los ánimos que siempre me habéis dado.

Estoy muy agradecida a todo el Departamento de Biología Vegetal I, que me ha permitido tener mi huequito todos estos años, y en los meses finales de escritura me han animado y apoyado. Y un agradecimiento especial a aquellos que aceptaron ser miembros del Tribunal: Dra. Silvia Sabariego, Dra. Beatriz Pías y Dr. Jose M^a Gabriel y Galán. Y no puedo dejar de mencionar al Dr. Jesús Palá, que empezó siendo un compañero de laboratorio de quien aprender lo que era ser un doctorando, y ha terminado siendo el revisor y parte del Tribunal de esta tesis. Mis más sincero y profundo agradecimiento por todo el tiempo que me has dedicado, por siempre que me has preguntado qué tal voy y me has animado y por los ¡cafés del desayuno!

Hay que hacerle un hueco a Pedro “tomillos”. Nuestros caminos se han cruzado a última hora pero ya tengo mucho que agradecerte, ¡especialmente lo bien que explicas la estadística!

No quiero olvidar a todos los compañeros del Real Jardín Botánico, en especial los del Herbario. Gracias por una gran etapa laboral que además me permitió avanzar como nunca en la tesis.

Me tengo por una persona muy afortunada, pues tengo muchos amigos que me quieren como soy y que incluso se han atrevido todos estos años a preguntarme de qué iba la tesis además de apoyarme. Para ellos esta parte de los agradecimientos y un secreto: ¡no me voy a enfadar si no la leéis!

Laura, Jose, Vicente, Merche, Noe y Víctor. Gracias por enseñarme que siempre, siempre, puedo contar con vosotros. Que la fuerza os acompañe para subir al Monte del Destino.

Isabel y Manuel: no tengo palabras para explicar lo afortunada que soy por teneros. Siempre agradeceré que mi madre formara parte de vuestra vida y de haber podido recoger el testigo.

Oso: padrino, jefe y masajista, que se me fue a la Pampa argentina y le echo de menos.

Loli, mi pequeña sister, tan llena de detalles hacia los demás que alegras mi vida sin proponértelo. Mónica y Helios o la fascinación por el laminado de tartas. Tomás e Irene, mis niños favoritos, ¡que queríais ser biólogos como yo! Paco y Pilar, Cristina y Laura: mucho más que los cocis y mis lobatas.

Mi familia adoptiva favorita: Sara, Oriol, Pablo y Carmen. Y los niños: Guille el Independiente, Candela la Princesita, mi ahijada África y el pequeño León. Siempre en mi vida. Sara, hermana, la distancia no cambia nada.

Y mis padres putativos, Tomás y Marién. Gracias por quererme tanto, por la poesía y por la MÚSICA.

Susana e Izaskun, vuestro genuino interés cada vez que me preguntáis, vuestras ansias de saber, vuestras risas de fin de semana, han impulsado esta tesis mucho más de lo que creéis.

Ana, que compartes las preguntas, las ganas de saber y la amistad con Susana e Izaskun. Gracias por tantas horas robadas en el Jardín Secreto, por tu presencia y por traer a Trigo a mi vida para que me adoptara.

Y por último, que no por ello menos importante, mi más sinceros y emocionados agradecimientos y pensamientos para toda mi FAMILIA. Para mi sois mucho más que simples Abuelas, tíos y tías, primos y primas porque siempre estáis ahí y me queréis como soy. Es un orgullo compartir los mismos genes.

Empezaré por mis dos Abuelas, la de la Escalera y la de los Peces, aunque una ya me falta: Sois increíbles, chicas, siempre deseando que descubriera algo verdaderamente interesante, queriendo comprender lo que hago y siempre con una actitud ante la vida que en nada demuestra vuestra edad. ¡Quiero ser como vosotras cuando sea mayor!

A todos mis tíos que quisieron ser biólogos antes que yo: gracias por abrirme el camino de la ilusión; y a todos: mis dos Abuelos: Carlos y Jose M^a, el tío Juan, Ángel, Gloria, Carlos y Cris, Luis y Lola, Rafa y M^a Carmen, Ramón padre. Y los primos: Marina (con su contribución de última hora, el Word no volverá a ser lo mismo para mi), Eva, Pilar, Laura, Blanca y Ramón. Mención especial merecen, por estar un poquito más cercanas Mila, “mi segunda mamá” y Cristina: tu tesina es en parte responsable de que yo quisiera ser doctora desde que empecé la Universidad. Y Joaquín, mi HERMANO, el niño de mis ojos, el otro extremo de la saga y ¡el único de la misma que ha estudiado ciencias! Os quiero a todos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 QUÉ SON LOS ACEITES ESENCIALES.....	7
1.2 BIOSÍNTESIS DE TERPENOS Y ARILPROPANOIDES	9
1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	14
2 OBJETIVOS.....	17
3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
3.1 MATERIAL VEGETAL.....	19
3.2 EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.....	26
3.3 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	31
4 RESULTADOS	33
4.1 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	33
4.2 RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL.....	40
4.3 ANÁLISIS CUALITATIVOS DEL ACEITE ESENCIAL	45
4.4 ANÁLISIS CUANTITATIVOS DEL ACEITE ESENCIAL.....	50
5 DISCUSIÓN.....	109
5.1 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA Y RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS POBLACIONES DEL ESTUDIO FENOLÓGICO.....	109
5.2 RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS POBLACIONES DE LAS TRES ESPECIES DEL SURESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.....	115
5.3 VARIACIÓN DE LOS COMPUESTOS MÁS REPRESENTATIVOS.....	116
5.4 COMPARACIÓN DE COMPUESTOS RELACIONADOS BIOGENÉTICAMENTE 134	
5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	152
6 CONCLUSIONES.....	163
7 BIBLIOGRAFÍA.....	165

Gráfica 4-1: RO. Climodiagrama.....	34
Gráfica 4-2: ROU. Climodiagrama.....	36
Gráfica 4-3: ROCF y ROCS. Climodiagrama.....	38
Gráfica 5-1: Variación del rendimiento a lo largo del ciclo fenológico para las cuatro poblaciones estudiadas. Rto.: rendimiento en mL esencia/100 g planta fresca.....	111
Gráfica 5-2: RO. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros. ..	117
Gráfica 5-3: ROU. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.	118
Gráfica 5-4: ROCF. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.	118
Gráfica 5-5: ROCS. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.	119
Gráfica 5-6: RO. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.....	121
Gráfica 5-7: RO. Monoterpenos oxigenados más representativos.....	121
Gráfica 5-8: ROU. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.....	122
Gráfica 5-9: ROU. Monoterpenos oxigenados más representativos.	122
Gráfica 5-10: ROCF. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.....	123
Gráfica 5-11: ROCF. Monoterpenos oxigenados más representativos.....	123
Gráfica 5-12: ROCS. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.....	124
Gráfica 5-13: ROCS. Monoterpenos oxigenados más representativos.....	124
Gráfica 5-14: RO: Sesquiterpenos más representativos.	125
Gráfica 5-15: ROU. Sesquiterpenos más representativos.	126
Gráfica 5-16: ROCF. Sesquiterpenos más representativos.	126
Gráfica 5-17: ROCS. Sesquiterpenos más representativos.	127
Gráfica 5-18: <i>R. eriocalix</i> . Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.	128
Gráfica 5-19: <i>R. eriocalix</i> . Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.	129
Gráfica 5-20: <i>R. eriocalix</i> . Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.....	129
Gráfica 5-21: <i>R. tomentosus</i> . Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.....	130
Gráfica 5-22: <i>R. tomentosus</i> . Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.....	131
Gráfica 5-23: <i>R. tomentosus</i> . Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.....	131
Gráfica 5-24: <i>R. officinalis</i> . Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.	132
Gráfica 5-25: <i>R. officinalis</i> . Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.	133
Gráfica 5-26: <i>R. officinalis</i> . Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.....	133
Gráfica 5-27: RO. Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	135
Gráfica 5-28: ROU. Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	136
Gráfica 5-29: ROCF. Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	137
Gráfica 5-30: ROCS. Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	138
Gráfica 5-31: <i>R. eriocalix</i> . Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	139

Gráfica 5-32: <i>R. tomentosus</i> . Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	140
Gráfica 5-33: <i>R. officinalis</i> . Relación Limoneno y 1,8-cineol.....	141
Gráfica 5-34: RO. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	142
Gráfica 5-35: ROU. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	143
Gráfica 5-36: ROCF. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	144
Gráfica 5-37: ROCS. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	144
Gráfica 5-38: <i>R. eriocalix</i> . Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	145
Gráfica 5-39: <i>R. tomentosus</i> . Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	146
Gráfica 5-40: <i>R. officinalis</i> . Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.....	146
Gráfica 5-41: RO. Relación α -pineno y verbenona.....	147
Gráfica 5-42: ROU. Relación α -pineno y verbenona.....	148
Gráfica 5-43: ROCF. Relación α -pineno y verbenona.....	149
Gráfica 5-44: ROCS. Relación α -pineno y verbenona.....	149
Gráfica 5-45: <i>R. eriocalix</i> . Relación α -pineno y verbenona.....	150
Gráfica 5-46: <i>R. tomentosus</i> . Relación α -Pineno y Verbenona.....	151
Gráfica 5-47: <i>R. officinalis</i> . Relación α -Pineno y Verbenona.....	151
Gráfica 5-48: Análisis de componentes principales para las poblaciones RO, ROU y ROCF.	152
Gráfica 5-49: Evolución del eje F1 del ACP para las poblaciones RO, ROU y ROCF.....	153
Gráfica 5-50: ANOVA mensual de F1.....	154
Gráfica 5-51: ANOVA mensual para terpinoleno.....	155
Gráfica 5-52: ANOVA mensual para (<i>E</i>)-Cariofileno.....	155
Gráfica 5-53: ANOVA mensual para óxido de cariofileno.....	156
Gráfica 5-54: ANOVA mensual para 14-hidroxi-9-epi-cariofileno.....	156
Gráfica 5-55: ROU. Correlación 1,8-cineol y limoneno.....	158
Gráfica 5-56: ROU. Correlación borneol+acetato de bornilo y canfeno.....	158
Gráfica 5-57: ACP para <i>R. eriocalix</i> , <i>R. tomentosus</i> y <i>R. officinalis</i>	160
Gráfica 5-58: ACP para los compuestos principales según la época de recolección.....	161

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1: Mapa de distribución de <i>R. officinalis</i> (amarillo), <i>R. eriocalix</i> (rojo) y <i>R. tomentosus</i> (verde) en la Península Ibérica.....	3
Imagen 1.2: <i>R. officinalis</i>	5
Imagen 1.3: <i>R. eriocalix</i> . Detalle de la inflorescencia.....	6
Imagen 1.4: <i>R. tomentosus</i> . Detalle de las hojas y la inflorescencia.....	7
Imagen 1.5: Esquema tipo de un tricoma glandular. (1) Célula basal; (2) Célula peduncular; (3) Célula secretora; (4) Aceite esencial acumulado; (5) Cutícula. Adaptado de Rugina and Toma (1995).....	8
Imagen 1.6: a) Isopentenil-pirofosfato (IPP) y b) su isómero dimetil-alil-pirofosfato.....	9
Imagen 1.7: Algunas estructuras de los diferentes grupos que aparecen en las esencias. ..	10
Imagen 1.8: Biosíntesis de terpenoides.....	11
Imagen 1.9: Ruta de síntesis de fenilpropanoides.	13
Imagen 3.1: Cabeza de destilación de Clevenger modificada.	28
Imagen 3.2: Cromatograma de <i>R. officinalis</i> , población RO.	30
Imagen 3.3: Cromatograma de <i>R. officinalis</i> , población ROU.....	30
Imagen 3.4: Cromatograma de <i>R. officinalis</i> , población ROCF.....	30
Imagen 3.5: Cromatograma de <i>R. officinalis</i> , población ROCS.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Grupos de terpenos.....	12
Tabla 3-1: RO. Datos de recolección.....	20
Tabla 3-2: ROU. Datos de recolección.....	21
Tabla 3-3: ROCF. Datos de recolección.....	22
Tabla 3-4: ROCS. Datos de recolección.....	22
Tabla 3-5: Fechas de recolección Viaje Sur I y Viaje Sur II.....	26
Tabla 4-1: RO. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.....	34
Tabla 4-2: RO. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.....	35
Tabla 4-3: ROU. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.....	36
Tabla 4-4: ROU. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.....	37
Tabla 4-5: ROCF y ROCS. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.....	38
Tabla 4-6: ROCF y ROCS. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.....	39
Tabla 4-7: RO. Rendimientos del aceite esencial.....	40
Tabla 4-8: ROU. Rendimientos del aceite esencial.....	41
Tabla 4-9: ROCF. Rendimientos del aceite esencial.....	42
Tabla 4-10: ROCS. Rendimientos del aceite esencial.....	42
Tabla 4-11: Viaje al Sur I. Rendimientos del aceite esencial.....	43
Tabla 4-12: Viaje al Sur II. Rendimientos del aceite esencial.....	44
Tabla 4-13: RO. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.....	45
Tabla 4-14: ROU. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.....	46
Tabla 4-15: ROCF. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.....	47
Tabla 4-16: ROCS. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.....	47
Tabla 4-17: Sur I: Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.....	49
Tabla 4-18: Sur II: Número de compuestos identificados y % que representan.....	50
Tabla 4-19: RO. Compuestos del aceite esencial.....	52
Tabla 4-20: RO. Compuestos del aceite esencial (cont.).....	57
Tabla 4-21: ROU: Composición del aceite esencial.....	63
Tabla 4-22: ROU. Composición del aceite esencial (cont.).....	68
Tabla 4-23: ROCF. Composición del aceite esencial.....	74
Tabla 4-24: ROCF. Composición del aceite esencial (cont.).....	80
Tabla 4-25: ROCS. Composición del aceite esencial.....	87
Tabla 4-26: ROCS. Composición del aceite esencial (cont.).....	93
Tabla 4-27: <i>R. eriocalix</i> . Composición del aceite esencial.....	100
Tabla 4-28: <i>R. officinalis</i> . Composición del aceite esencial.....	103
Tabla 4-29: <i>R. tomentosus</i> . Composición del aceite esencial.....	106
Tabla 5-1: Rendimientos medios de las poblaciones RO, ROU, ROCF y ROCS.....	111
Tabla 5-2: RO. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.....	112
Tabla 5-3: RO. Temperaturas y precipitaciones medias.....	112
Tabla 5-4: ROU. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.....	113
Tabla 5-5: ROU. Temperaturas y precipitaciones medias.....	113

Tabla 5-6: ROCF. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.....	114
Tabla 5-7: ROCF y ROCS. Temperaturas y precipitaciones	114
Tabla 5-8: ROCS. Porcentajes relativos de Abietadieno en los meses con presencia.	114
Tabla 5-9: Rendimientos medios del aceite esencial en el Viaje al Sur I y II.....	116
Tabla 5-10: RO. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia.	135
Tabla 5-11: ROU. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia	136
Tabla 5-12: ROCF. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia	137
Tabla 5-13: ROCS. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia	138
Tabla 5-14. Test de correlación (R) entre compuestos más representativos.....	157
Tabla 5-15: ROCF y ROCS: Diferencias según el tratamiento post-recolección	159
Tabla 5-16: Test de correlación (R) entre compuestos más representativos.	161

RESUMEN

En la presente tesis doctoral se realizó un estudio de la fenología del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. (*Labiatae*) de la provincia de Madrid para conocer sus variaciones cualitativas y cuantitativas y su relación con factores bióticos o abióticos. Se estudiaron tres poblaciones: silvestre, cultivada y asilvestrada. Esta última se dividió en dos lotes que fueron sometidos a dos tratamientos post-recolección diferentes (congelación y secado) para estudiar las diferencias entre ambos procesos. En cada población se recolectaron muestras de tres individuos durante 13 meses consecutivos.

Se realizó un estudio preliminar comparativo de la composición química de la esencia de las especies ibéricas del género *Rosmarinus*: *Rosmarinus officinalis* L., *Rosmarinus eriocalix* Jord. & Fourr. y *Rosmarinus tomentosus* Hub.-Mor. & Maire, como una aproximación al estudio quimiosistemático del género. Para ello, se recolectaron muestras de las tres especies en el sureste peninsular en junio y septiembre, así como de ejemplares cultivados en el Real Jardín Botánico de Madrid-(CSIC).

En todos los casos, la extracción del aceite esencial se hizo por hidrodestilación en corriente de vapor. Las muestras se conservaron en viales cerrados en el congelador para evitar cambios en su composición química hasta su análisis mediante cromatografía de gases (CG) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM). Los compuestos se identificaron utilizando los índices de retención, la bibliografía y los patrones de fragmentación del espectro de masas y comparándolos con los patrones.

Los resultados mostraron mayor abundancia de monoterpenos que de sesquiterpenos en todos los casos. α -Pino, β -mirreno, 1,8-cineol, terpinoleno, borneol, acetato de bornilo, alcanfor y (*E*)-cariofileno fueron los compuestos más representativos.

Las variaciones del aceite esencial de *R. officinalis* encontradas a lo largo del ciclo fenológico pueden ser debidas a reacciones a las condiciones climáticas. El tratamiento post-recolección afectó a la riqueza de la composición del aceite, que disminuyó con el secado porque se evaporaron más compuestos volátiles.

En las poblaciones silvestres y asilvestradas del género *Rosmarinus* fueron más importantes las rutas metabólicas que dan compuestos defensivos y/o volátiles, por ejemplo 1,8-cineol o borneol. Las poblaciones de *R. officinalis* creciendo en condiciones más xéricas presentaron abietadieno como protector frente al estrés oxidativo producido por la falta de agua.

Se encontraron diferencias cuantitativas entre las tres especies, destacando una gran cantidad de acetato de bornilo en *R. tomentosus*. No se identificó ningún componente que caracterizase a una especie frente a las otras; para ello, sería necesario un muestreo y posterior análisis más exhaustivo de las tres especies.

SUMMARY

The aim of this PhD thesis is the study of the phenological variations of the essential oil of three *Rosmarinus officinalis* L. populations growing in Madrid province (Spain) during 13 consecutive months: aerial parts of wild, cultivated and semi-wild populations were harvested each month in order to know their qualitative and quantitative differences and the relationship with biotic and abiotic factors. Plus, semi-wild population was divided into two batches submitted to two different dry methods: freezing and air-dried at room temperature, in order to observe differences in the essential oil composition.

Aerial parts of *Rosmarinus eriocalix* Jord. & Fourr., *R. tomentosus* Hub.-Mor. & Maire and *R. officinalis* growing in the southeast of Spain, and three samples of each specie cultivated in the Royal Botanical Garden of Madrid (CSIC) were analyzed as an screening of a chemosystematic study of the three species growing in the Iberian Peninsula.

Essentials oils were obtained by steam hydrodistillation and stored in sealed vials in refrigerator in order to prevent changes in chemical composition. The chemical composition was determined by Gas Chromatography (GC) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS). The components of the essentials oils were identified by comparison to recorded mass spectra with those of a computer library, by comparison to their retention indices and bibliography.

Our results showed that monoterpenes were more abundant than sesquiterpenes. The main components were α -pinene, β -myrcene, terpinolene, borneol, bornyl acetate, 1,8-cineole and camphor and the sesquiterpene (*E*)-caryophyllene.

R. officinalis essential oil variations during phenological cycle could be due to responses to climatic variations. Post-harvest treatment affected essential oil composition, decreasing the number of compounds in air dried samples because of the evaporation of the most volatiles compounds.

In the studied *Rosmarinus* populations, the predominant metabolic routes are those implied in defensive and volatile compounds such as 1,8-cineole. An antioxidant compound, abietadiene, was found in the driest locations of *R. officinalis* and it is probably used by the plant to prevent the oxidative stress due to the drought conditions.

Quantitative differences were found between the three *Rosmarinus* species. High amounts of bornyl acetate were found in *R. tomentosus*. Nevertheless, the three species cannot be separated because any differential compound and further studies will be needed to clarify it.

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

El género *Rosmarinus* (*Labiatae* [nom. cons.]) aparece representado en la Península Ibérica por tres especies: *Rosmarinus officinalis* L., *Rosmarinus eriocalix* Jord. & Fourr. y *Rosmarinus tomentosus* Hub.-Mor. & Maire. *Rosmarinus officinalis* es la especie de más amplia distribución y desde antiguo se ha usado con fines medicinales y culinarios.

Según se describe en Flora Ibérica (Morales, 2010), las especies del género *Rosmarinus* (*Labiatae*) son arbustos perennes, con tallos erectos o procumbentes, pelosos y con glándulas esferoidales. Hojas simples y enteras, inflorescencia axilar con brácteas elípticas, pequeñas. Flores pediceladas. Cáliz bilabiado; labio superior con 1(3) dientes incurvados; labio inferior con 2 dientes triangulares. Corola bilabiada de tubo cilíndrico, color morado, violeta, azulado o blanco, con manchas coloreadas; labio superior con dos lóbulos erectos o curvados hacia fuera; labio inferior con dos lóbulos laterales erectos, lanceolados, con lóbulo central redondeado, de margen irregular, cóncavo, recurvado. Estambres 2 por reducción del par superior, recurvados, exsertos con anteras conniventes, elipsoidales. Estilo entero o cortamente dividido. Núculas ovoides, lisas, con superficie de inserción prominente.

Es un género de amplia distribución circunmediterránea y se encuentra naturalizado en otras áreas del mundo con características edafoclimáticas similares. El origen biogenético del género podría estar en la Península Ibérica (Ramón Morales, com. pers.), por lo que, aunque *R. officinalis* está bien estudiada y caracterizada, un estudio exhaustivo de la composición química del género *Rosmarinus* en la Península Ibérica puede estar plenamente justificado para aumentar el conocimiento de dicho género y las relaciones entre las especies. En la Imagen 1.1 se presenta el mapa de distribución de las tres especies en la Península Ibérica basado en Anthos (2015).



Imagen 1.1: Mapa de distribución de *R. officinalis* (amarillo), *R. eriocalix* (rojo) y *R. tomentosus* (verde) en la Península Ibérica.

Las tres especies que encontramos en la Península Ibérica se describen a continuación:

***Rosmarinus officinalis* L., Sp. Pl.: 23 (1753)**

R. laxiflorus De Noé in Balansa, Pl. Algérie, n° 443 (1852), in sched.

R. rigidus Jord. & Fourr., Brev. Pl. Nov.: 43 (1866)

R. tenuifolius Jord. & Fourr., Brev. Pl. Nov.: 43 (1866)

R. flexuosus Jord. & Fourr., Brev. Pl. Nov.: 44 (1866)

R. serotinus Loscos, Tratado Pl. Aragón I: 71(1877)

R. officinalis var. *nutans* Cout. in Bol. Soc. Brot. 23: 160 (1907)

R. officinalis var. *palaui* O. Bolòs & Molin. in Collect. Bot. (Barcelona) 5: 757 (1958)

R. officinalis subsp. *palaui* (O. Bolòs & Molin.) Malag., Subsp. Variac. Geogr.: 23(1973)

Ind. loc.: "Habitat in Hispania, G. narbonensi, Galilaea" [lectótipo designado por I.Ch. Hedge in C.E. Jarvis & al. (ed.), Regnum Veg. 127: 82 (1993): BM557615, ex herb. Clifford, 14, Rosmarinus α , pliego 5]

lc.: Hegi, Ill. Fl. Mitt.-Eur. 5(4): 2519 fig. 3360 (1927); Valdés, Talavera & Galiano (eds.), Fl. Andalucía Occid. 2: 469 (1987); Villar & al., Atlas Fl. Pirineo Aragon. 2: 130 (2001)

Arbusto de hasta 1,8 m, generalmente erguido. Tallos glabros, a veces pelosos. Hojas 10-41(46) x 1-3 mm, generalmente de tamaño variable en la misma rama, de lineares a lanceoladas, revolutas, sentadas, agudas, con haz glabra y envés peloso. Inflorescencia en racimos axilares cortos. Brácteas 2,5-3,5 mm, ovadas y agudas. Flores con pedicelos de 1,5-3(5) mm. Cáliz (4)4,2-7 mm, acampanado, de casi glabro a muy peloso, a veces con pelos y glándulas esferoidales dispuestos ventralmente; labio superior con 3 dientes de 0,1-0,2 mm; labio inferior con dos dientes de c. 3 mm. Corola 8,5-13,5 mm color violeta o blanco, con el lóbulo inferior fimbriado. Estambres exsertos, anteras formadas por una teca curvada hacia arriba. Estilo (8)10-17(20) mm, recurvado. Núculas (1,7)2,2-3 x (1)1,2-1,8 mm, ovoides, aplanadas, color castaño claro, con superficie de inserción redondeada, color crema. $2n=24$; $n=12$.

Forma parte del matorral mediterráneo y es indiferente edáfica, creciendo de 0-1600 msnm. Su área de distribución natural es la región mediterránea occidental, hasta las islas del Adriático por el Norte y hasta Libia por el Sur; se encuentra asilvestrado en regiones como el Cáucaso, Chipre, región macaronésica, Chile y otras localidades centro y sudamericanas y se cultiva como planta ornamental en todo el mundo. En la Península Ibérica se encuentra en Andorra, España y Portugal excepto en las zonas más frías y húmedas.

En la Imagen 1.2 se aprecia un detalle de la inflorescencia.



**Imagen 1.2: *R. officinalis*.
Detalle de la inflorescencia.**

Rosmarinus eriocalix Jord. & Fourr., Brev. Pl. Nov.: 44 (1866)

R. officinalis var. *tournefortii* De Noé ex Murb., Contr. Fl. Nord-Ouest Afrique 2: 32 (1898)
[nom. subst.]

Ind. loc.: "Hujus specimina circa Alger, Boghar, Mostaganem, etc."

Ic.: Rosúa in Anales Jard. Bot. Madrid 37: 589 fig. 1 (1980); lám. 101 a-i

Arbusto de 1,5 m, con tallos erectos y otros arqueados, procumbentes que tienden a enraizar, con pelos ramificados, aplicados en la parte superior. Hojas 7-20 x 1,3-1,7 mm, de tamaño más o menos uniforme en la misma rama, lineares, obtusas, de superficie rugosa con estrías transversales, revolutas, con haz glabra y envés peloso. Inflorescencia en racimos axilares terminales, con 2-13 flores que sobresalen de entre las hojas. Brácteas 2,5-4 mm, elípticas y lanosas. Flores con pedicelos 3-5 mm, frecuentemente colgantes tras la floración. Cáliz 5-7 mm, con pelos simples largos, a veces escasos, pelos ramificados aplicados y generalmente también con largos pelos glandulares y glándulas esferoidales amarillas. Corola 8-13 mm, color morado, con lóbulos del labio superior curvados hacia atrás; labio inferior con lóbulos laterales revolutos, color morado, el inferior más o menos fimbriado, de color azulado y con una mancha blanquecina próxima a la garganta. Estambres largamente exertos y curvos, algo más cortos que el estilo, con anteras 1,2-2 mm, arqueadas. Estilo 16-22 mm, recurvado. Núculas 2,5-2,9 x 1,4-1,5 mm, ovoides, aplanadas, de color castaño claro, con superficie de inserción de 1-1,5 mm. $2n=24$; $n=12$.

Crece en formaciones de matorral xerofítico y espartales, en terrenos calcáreos, arcillosos o yesosos, sobre todo en ramblas, entre 140-600 m de altitud. Se distribuye por Marruecos, Argelia, Libia y el sureste de España, en la provincia de Almería.

En la Imagen 1.3 se aprecia un detalle de la inflorescencia.



Imagen 1.3: *R. eriocalix*. Detalle de la inflorescencia.

Rosmarinus tomentosus Hub.-Mor. & Maire in Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N. 31: 79 (1940)

R. eriocalix subsp. *tomentosus* (Hub.-Mor. & Maire) Fern. Casas in Cuad. Ci. Biol. 2(1): 40 (1973)

Ind. loc.: "Recolté au Cabo Sacratif près de Motril, par A. Huber"

Ic.: Blanca & al., Libro Rojo Fl. Andalucía 1: 237(1999); Rosúa in Anales Jard. Bot. Madrid 37: 593 fig. 2 (1980); lám. 101 j, k

Arbusto de hasta 1,5 m, tendido, frecuentemente almohadillado. Tallos muy foliosos, más o menos lanosos, con abundantes pelos estrellados. Hojas (4)5-13(18) x 1,2-1,7 mm, de tamaño más o menos uniforme en la misma rama, lineares, revolutas, obtusas, blanquecinas o cenicientas, con pelos estrellados abundantes, a veces lanosas, a veces glabras y entonces con estrías transversales. Inflorescencia en racimos axilares o terminales. Brácteas c. 2,5 mm, ovadas, más o menos agudas. Flores con pedicelo de 3-6 mm. Cáliz de 4,5-6,5 mm, verde oscuro, con pelos tectores y glandulares largos, pelos ramificados adpresos y glándulas esferoidales. Corola de 11-13 mm. Estambres exertos, con filamentos recurvados y anteras de 1,7-2,2 mm, alargadas, arqueadas, conniventes. Estilo de 15-20 mm, arqueado. Núculas 3-3,5 x c. 1,8 mm, ovoides, alargadas, color castaño claro, con superficie de inserción blanca. $2n=24$; $n=12$.

Crece en matorrales rupícolas en paredones de caliza dolomítica próximos al mar, entre 10-300 m de altitud. Es un endemismo del litoral sur de España, concretamente de las provincias de Granada y Málaga.

En la Imagen 1.4 se puede apreciar un detalle de la inflorescencia y las blanquecinas.



Imagen 1.4: *R. tomentosus*. Detalle de las hojas y la inflorescencia.

1.1 QUÉ SON LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales o esencias son responsables de la mayoría de los olores y sabores de las plantas; han sido empleados desde la Antigüedad por el hombre y actualmente tienen gran importancia en la industria cosmética, en la industria alimentaria como condimentos, saborizantes y conservantes y en la industria farmacéutica como agentes antimicrobianos y antifúngicos (Isman *et al.*, 2011; Lubbe and Verpoorte, 2011).

En las plantas, forman parte del metabolismo secundario y tienen un papel fundamental en las relaciones planta/animal a dos niveles:

- Como sustancias atrayentes de agentes polinizadores.
- Como mecanismo de protección frente a depredadores y patógenos.
 - directamente por su potencial tóxico.
 - indirectamente por su capacidad para atraer a los depredadores naturales de dichos herbívoros o parásitos.
 - sellando heridas producidas tras un daño.

Y en las relaciones planta/planta con diversos efectos:

- Alelopatía—especialmente como inhibidores de la germinación— (Maffei, 2010).
- Funciones de protección frente a situaciones de estrés producidas por factores abióticos (Loreto *et al.*, 2014; Di Ferdinando *et al.*, 2014; Santana *et al.*, 2012).
- Comunicación con otras plantas y organismos (Llusià *et al.*, 2006).

La síntesis de aceites esenciales está ampliamente distribuida en el reino vegetal, aunque son especialmente abundantes en las familias *Labiatae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae*, *Rutaceae*, *Compositae* y *Umbeliferae*.

Los compuestos volátiles de un aceite esencial se forman y acumulan en distintas partes de la planta:

- en conductos especiales o cavidades secretoras, que aparecen frecuentemente en las familias *Umbeliferae*, *Myrtaceae*, *Compositae* o *Rutaceae*. Se encuentran en el interior de los tejidos y están formados por un epitelio de células secretoras que excretan sus productos a una cavidad extracelular a la que rodean.
- en idioblastos secretores, que se pueden encontrar en las raíces (como en *Vetiveria zizanoides* Nash.) o en la epidermis de los pétalos. Estos idioblastos sintetizan los compuestos del aceite esencial en grandes cantidades y los acumulan en vacuolas en el interior de la propia célula (Baser and Buchbauer, 2010).
- en pelos epidérmicos o tricomas glandulares de morfología variada (ver Imagen 1.5). Estas estructuras aparecen con mucha frecuencia en las familias *Labiatae*, *Asteraceae* y *Solanaceae*. La secreción de aceite esencial se acumula entre la pared celular y la cutícula y se evapora a través de ésta debido a su naturaleza lipófila (Izco, 2004) o bien son liberados en grandes cantidades en respuesta a un daño en los tejidos cuando la cutícula se rompe, por ejemplo debido a la herbivoría (Lichtenthaler, 1999).

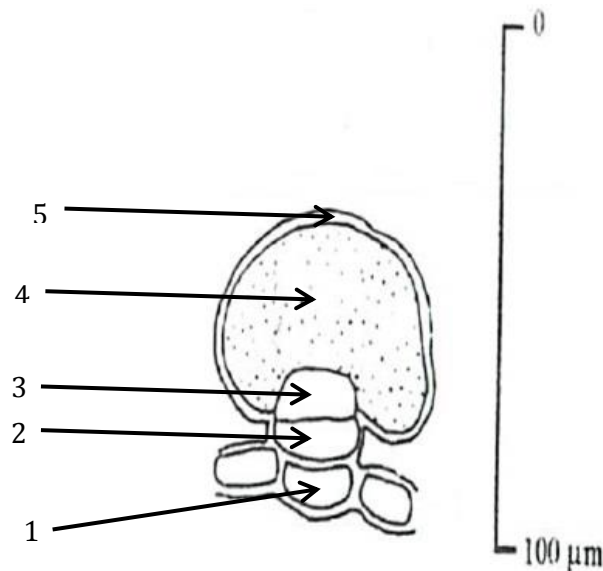


Imagen 1.5: Esquema tipo de un tricoma glandular. (1) Célula basal; (2) Célula peduncular; (3) Célula secretora; (4) Aceite esencial acumulado; (5) Cutícula. Adaptado de Rugina and Toma (1995)

Son mezclas muy complejas de no menos de 50 compuestos volátiles de diferente naturaleza química y con gran variedad de grupos funcionales; principalmente son terpenos de bajo peso molecular: monoterpenos, sesquiterpenos y algunos diterpenos y también es frecuente encontrar arilpropanoides, de naturaleza química distinta a los terpenos e importantes para la atracción de polinizadores debido al aroma característico que aportan (Maffei, 2010). Los monoterpenos suelen ser los compuestos más abundantes, pudiendo alcanzar hasta el 90% del total de los compuestos de una esencia.

Junto con estos dos grandes grupos aparecen compuestos volátiles de diverso origen, entre los que destacan los derivados del metabolismo del ácido linolénico por la vía del ácido octadecanoico que da lugar al jasmonato y sus derivados, siendo la *cis*-jasmona el derivado que suele aparecer en los aceites esenciales. Otro gran grupo de compuestos que aparecen de forma ubicua en los aceites esenciales son los compuestos alifáticos lineales no ramificados de 6, 7 y 8 átomos de carbono como octanoles, octenoles y derivados.

Las variaciones cualitativas y cuantitativas que se observan en la composición de los aceites esenciales pueden deberse tanto a factores intrínsecos de cada especie —por ejemplo su estructura genética o el momento fisiológico del individuo— como a factores abióticos como el clima, el tipo de suelo o las condiciones de cultivo.

Los datos termoplumiométricos son importantes en este estudio, ya que nos darán información acerca de si variaciones en el rendimiento del aceite esencial y/o de algunos compuestos del mismo a lo largo del año pueden deberse a las condiciones climáticas.

Estas variaciones que presenta la composición del aceite esencial son debidas a dos causas fundamentales: por una parte, la esencia es producto del metabolismo secundario de la planta, por lo que su producción y acumulación depende de la actividad metabólica de cada especie y del uso que la planta haga de dichos compuestos. Por otra, ciertas enzimas implicadas en distintas rutas metabólicas se inactivan a determinadas temperaturas. Por tanto, se puede estudiar la relación, si existe, entre estas variaciones y los cambios de temperatura y precipitación.

1.2 BIOSÍNTESIS DE TERPENOS Y ARILPROPANOIDES

1.2.1 TERPENOS

La unidad biológica básica que forman los compuestos isoprenoides o terpenoides es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, el isopreno (2-metil-1,3-butadieno). Los primeros isoprenoides nombrados fueron derivados del aguarrás, “terpentin” en alemán y “terpentine” en inglés, lo que les dio el nombre general de terpenos.

Los isoprenos biológicamente activos que dan lugar a los terpenos son el isopentenil-pirofosfato (en adelante IPP) y su isómero dimetil-alil-pirofosfato (en adelante DMAPP) (Imagen 1.6).

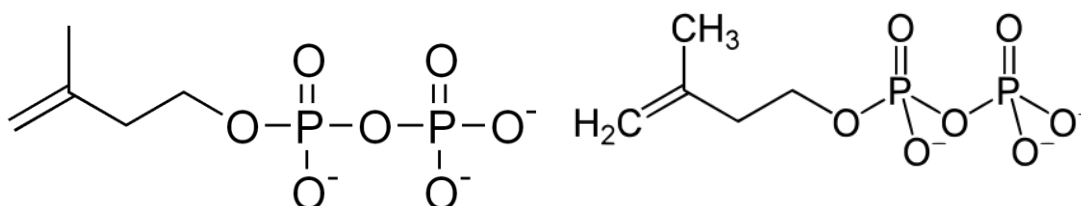


Imagen 1.6: a) Isopentenil-pirofosfato (IPP) y b) su isómero dimetil-alil-pirofosfato.

Tanto el IPP como el DMAPP se pueden formar por dos rutas metabólicas (Owen and Peñuelas, 2005; Lichtenthaler, 1999):

- Ruta del ácido mevalónico en el citoplasma y el retículo endoplasmático.
- Ruta de la desoxixilulosa-5-fosfato (en adelante DXP) en los cloroplastos.

En ambos casos se llega a una molécula de IPP que gracias a la IPP isomerasa se puede transformar en DMAPP. Sucesivas uniones IPP+DMAPP van dando lugar a las distintas estructuras terpénicas (Imagen 1.7). En estas uniones el DMAPP sirve de grupo de partida y el IPP proporciona todas las unidades que se repiten. La forma más frecuente de unión es conocida como “unión cabeza-cola” entre el C₁ del IPP y el C₄ del DMAPP, pero también pueden darse uniones de tipo “cabeza-mitad” o “cabeza-cabeza” en función de cual sea el carbono por el que se unan.

La primera unión “cabeza-cola” de IPP+DMAPP da el primer monoterpreno regular: el Geranil pirofosfato (en adelante GPP). El resto de los monoterpenos se forman por ciclación, reordenamiento u oxidación del GPP.

GPP+IPP dan lugar al Farnesil pirofosfato (en adelante FPP) que origina los sesquiterpenos.

FPP+IPP forman Geranil geranil pirofosfato (en adelante GGPP), del cual derivan los diterpenos.

La ruta de biosíntesis de terpenoides se detalla en la Imagen 1.8.

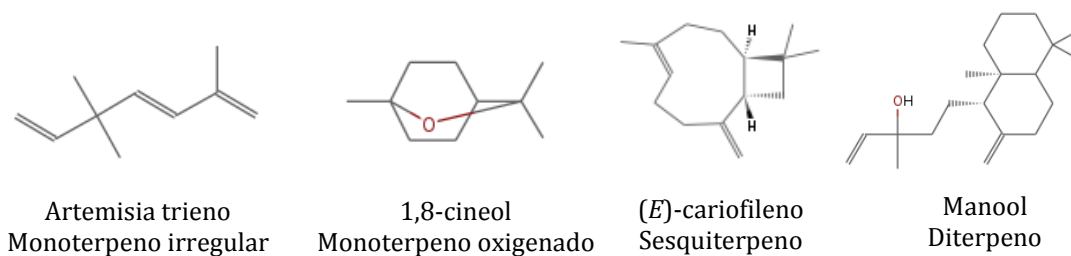


Imagen 1.7: Algunas estructuras de los diferentes grupos que aparecen en las esencias.

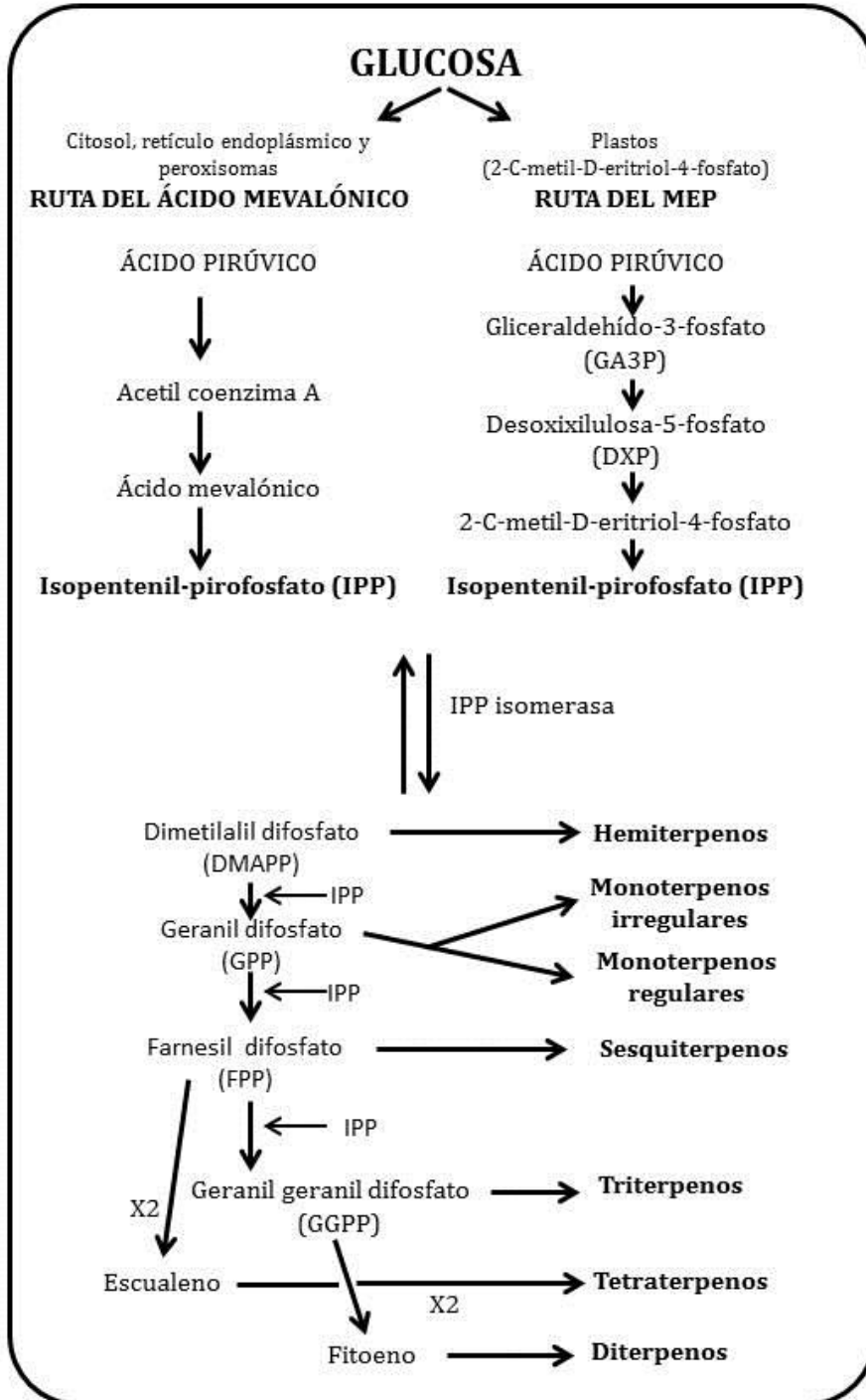


Imagen 1.8: Biosíntesis de terpenoides.
MEP: 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfato.

En función del número de átomos de carbono que presentan, los terpenos se pueden clasificar en varios grupos que se presentan en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1: Grupos de terpenos.

GRUPO	Nº átomos de carbono	Nº de unidades de isopreno
Hemiterpenos	5	1
Monoterpenos	10	2
Regulares (unión "cabeza-cola")		
Irregulares (unión "cabeza-mitad")		
Sesquiterpenos	15	3
Acíclicos		
Cíclicos		
Diterpenos	20	4
Sesterpenos	25	5
Triterpenos	30	6
Tetraterpenos	40	8
Politerpenos	5n	n

1.2.2 ARILPROPANOIDES

Los arilpropanoides derivan de la fenilalanina y de la tirosina por la ruta del ácido shikímico. La fenilalanina se desamina al ácido cinámico; la tirosina se desamina al ácido p-cumárico, al cual se llega también por hidroxilación del ácido cinámico. Los derivados directos del ácido cinámico y en algún caso del cumárico son los fenilpropanoides presentes en los aceites esenciales. El esquema de la ruta de síntesis de los arilpropanoides puede verse en la Imagen 1.9; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

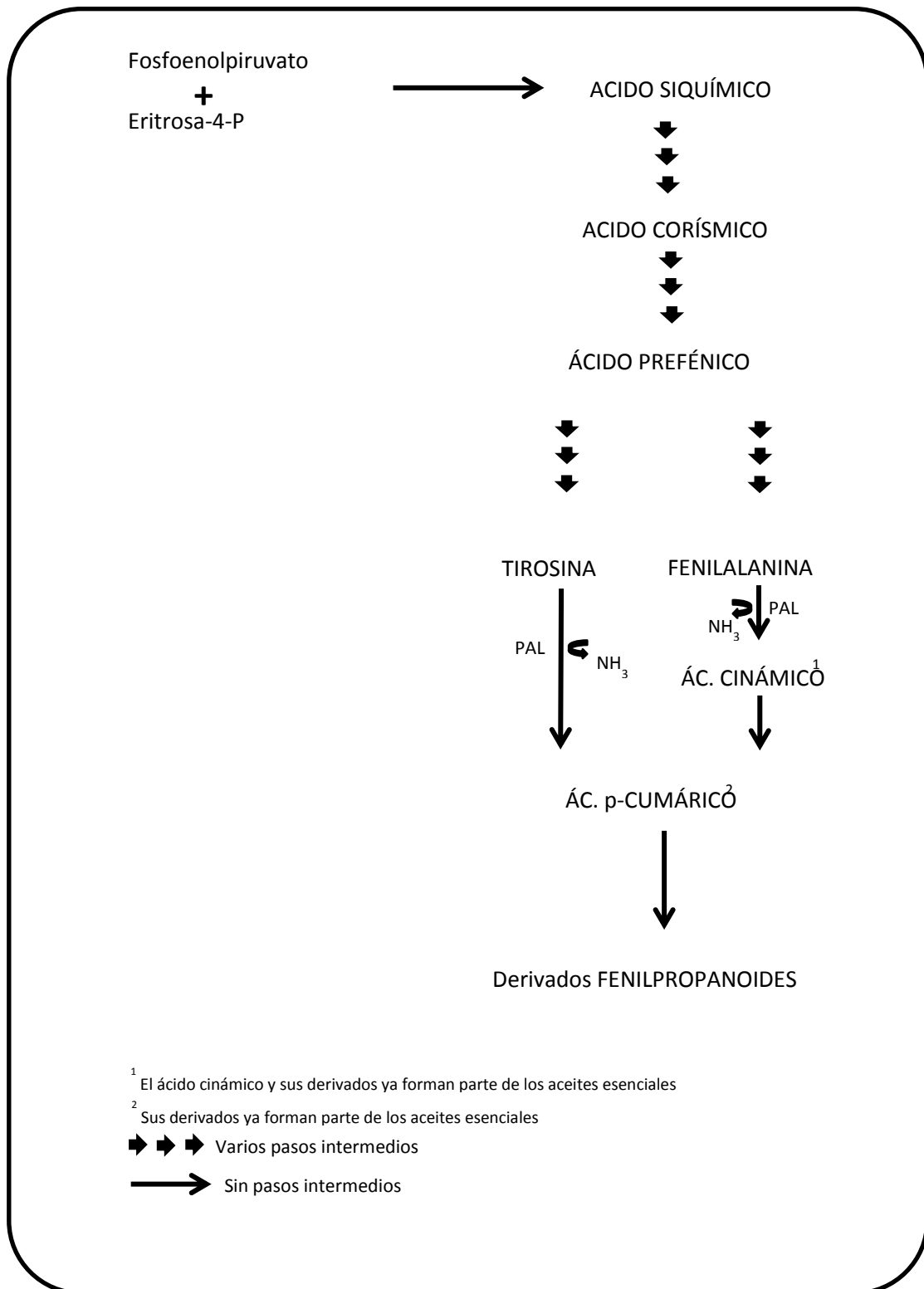


Imagen 1.9: Ruta de síntesis de fenilpropanoides.
 Adaptado de Tzin and Galili (2010).

1.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

1.3.1 ESTUDIOS ETNOBOTÁNICOS Y USOS

El romero es una especia y hierba medicinal usada desde tiempos inmemoriales y el interés en su uso ha ido en aumento debido al progresivo estudio de sus compuestos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. En el siglo XVI, Laguna (1555) ya nombra las características y virtudes del romero en su adaptación del Dioscórides diciendo que vivifica la mente, el corazón y el estómago, agudiza la inteligencia, devuelve la memoria, despierta la mente y, en suma, es un remedio saludable para todas las dolencias de la cabeza y el estómago (López-Muñoz *et al.*, 2006).

En El Quijote, Cervantes nombra numerosas especies de plantas con carácter medicinal, entre ellas *Rumex alpinus* L. (*Polygonaceae*), *Rheum officinale* B. (*Polygonaceae*), *R. palmatum* L. (*Polygonaceae*), *Euphorbia lathyris* L. (*Euphorbiaceae*), *Cichorium intybus* L. (*Compositae*) y *Rosmarinus officinalis* L., este último como una planta medicinal con grandes propiedades curativas: colerética, diurética, antiespasmódica y vulneraria, que puede emplearse como remedio universal y que también forma parte importante de la composición del Bálsamo de Fierabrás, una medicina que, según Don Quijote, lo curaba todo (López-Muñoz *et al.*, 2006).

Font Quer (2002), en el Dioscórides renovado, describe como virtudes del romero que se tiene por estimulante, antiespasmódico y ligeramente diurético; actúa asimismo como colagogo, esto es, sobre la secreción biliar. Como usos externos lo menciona por su capacidad vulneraria, contra los dolores articulares y para tonificar el cuerpo “fatigado por trabajos violentos o por haber andado demasiado”. También menciona dos refranes que aluden a la gran cantidad de usos atribuidos a esta planta a lo largo de la historia: “De las virtudes del romero se puede escribir un libro entero” y “mala es la lлага que el romero no la sana”.

En estudios recientes, se destacan como propiedades principales: estimulante, antiespasmódico, ligeramente diurético, colagogo, vulneraria. Forma parte de desinfectantes, insecticidas, se usa ampliamente en perfumería y en el aspecto culinario, es conservante y aromatizante de carnes y salsas entre otros (Lo Presti *et al.*, 2005).

1.3.2 ESTUDIOS DE LA COMPOSICIÓN

Existen bastantes estudios relacionados con la composición del aceite esencial de romero. Su importancia radica en que las variaciones cuantitativas y cualitativas del aceite esencial, así como su rendimiento, pueden deberse a factores tanto intrínsecos como extrínsecos que afecten al metabolismo secundario de la planta. Estos trabajos son especialmente interesantes para la industria perfumera y farmacéutica debido a que, conociendo estas variaciones, se puede recolectar la planta en la época más propicia según el uso que se le vaya a dar al aceite esencial. A este respecto se ha visto, por ejemplo, el efecto que tiene en el rendimiento y composición del aceite la absorción de hierro, micronutriente que forma parte de la fotosíntesis y la respiración (Moretti and Peana, 1998a): en ejemplares de romero creciendo en suelo calcáreo en Cerdeña, los autores vieron que no hubo un aumento significativo en el rendimiento del aceite esencial pero

aumentó el contenido en verbenona del aceite, probablemente como resultado de un aumento de los procesos metabólicos oxidativos que transforman el α -pineno en derivados de la verbenona. Moretti and Peana (1998b) también estudiaron el efecto del tipo de suelo —ácido o básico— en el rendimiento y composición del aceite esencial, encontrando que existen diferencias significativas entre ambos, siendo el suelo ácido en el que mejor crecían los especímenes objeto de estudio, así como de los que se obtuvieron mayores rendimientos. En cuanto a la composición, se encontraron diferencias significativas en el contenido de 1,8-cineol y acetato de bornilo en muestras recogidas en el mismo periodo para ambos tipos de suelo.

Por otra parte, Boyle *et al.* (1991) estudiaron el efecto del medio de cultivo y el régimen de fertilización en el rendimiento del aceite esencial, encontrando los mayores rendimientos en las plantas sometidas a un menor régimen de fertilización, lo que parece indicar que altos niveles de fertilización inhiben la biosíntesis del aceite esencial en el romero.

También se ha estudiado la variación debida al procesado de la muestra tras su recolección, ya que los componentes de los aceites esenciales se pueden perder por evaporación, siguen sufriendo transformaciones metabólicas o registran cambios químicos. Esto puede minimizarse congelando la muestra tras su recolección. Otros autores, para secar la muestra e intentar disminuir al máximo estos cambios, utilizan otros métodos de secado (Szumny *et al.*, 2010).

Según Macleod (1986), el aceite esencial obtenido por hidrodestilación de ramas, hojas y flores varía de no tener apenas color, a amarillo pálido con un rendimiento de 1 a 2%, siendo los principales compuestos α -pineno (11,4%), 1,8-cineol (41,0%), alcanfor (10,4%), α -terpineol (5,8%), borneol (5,8%) y acetato de bornilo (1,3%).

Los extractos de *Rosmarinus officinalis* contienen ácido rosmarínico, ácido carnósico y carnosol, responsables de la actividad antioxidante (Papageorgiou, 2008). Entre los compuestos que forman el aceite esencial, el 1,8-cineol y el alcanfor se emplean como antitusivos y frente a irritaciones idiopáticas del tracto respiratorio (Buchbauer, 1990). Cuando se inhala esencia de romero se ha observado un efecto en el riego sanguíneo y en la actividad motora debido al contenido en 1,8-cineol. El estudio se ha realizado comparando el efecto en mujeres sanas y en mujeres anósmicas, es decir, sin capacidad olfativa (Buchbauer and Jirovetz, 1994).

En cuanto a las diferencias en la composición química, en general se distinguen varios quimiotipos relacionados con factores geográficos, edáficos y/o ambientales. Por ejemplo, según Papageorgiou (2008), y citando a otros autores, los tipos principales de aceite son: uno rico en 1,8-cineol que se encuentra en Marruecos, Túnez, Turquía, Grecia, Yugoslavia, Italia y Francia y otro que contiene las mismas proporciones de 1,8-cineol, α -pineno y alcanfor y procede de Francia, España, Italia, Grecia y Bulgaria. Siguiendo a este autor, habría otros quimiotipos citados en la literatura pero que aparecen con menor frecuencia: uno procedente de Cerdeña (Italia) rico en verbenona y borneol y otro rico en mirceno de Argentina, Portugal y España. Pintore *et al.* (2002) añade otros tres quimiotipos que aparecen con poca frecuencia, uno de Cuba rico en alcanfor, 1,8-cineol y borneol, otro de Turquía caracterizado por 1,8-cineol, borneol y p-cimeno y el que describen en su trabajo

de Córcega y Cerdeña, que se caracteriza por su riqueza en α -pineno, verbenona y acetato de bornilo y que según estos autores es bastante inusual.

1.3.3 ESTUDIOS FENOLÓGICOS

Estos estudios se refieren a la variación de la composición química del aceite esencial a lo largo un ciclo fenológico y está bastante menos estudiada pese a que son muy útiles para cuantificar las variaciones estacionales y geográficas del aceite esencial y así poder determinar la mejor época para su extracción. Existen trabajos en España como el de Salido *et al.* (2003), en el que se estudian cuatro poblaciones de *R. officinalis* de las que se recogen muestras en tres estados fenológicos distintos: floración, fructificación e hibernación. Todas las muestras estudiadas en este trabajo pertenecen al quimiotipo α -pineno, 1,8-cineol, alcanfor. Los mayores rendimientos de aceite (1,6-1,8%) corresponden al periodo de fructificación. En cuanto a la composición cuantitativa, obtuvieron las mínimas cantidades de alcanfor en invierno y las máximas de α -pineno en verano, mientras que la concentración de 1,8-cineol se mantuvo constante a lo largo del año.

En el sur de Portugal, Serrano *et al.* (2002) estudiaron la variación fenológica del aceite de *R. officinalis* en cinco localidades, recolectando la planta en abril en estado de pre-floración, en mayo en floración temprana y en junio en el óptimo de floración. En este caso, el rendimiento del aceite esencial osciló entre 0,3 y 0,7%, sin que se observaran diferencias significativas entre las diferentes localidades de estudio. En cuanto a la relación entre el estado fenológico y el rendimiento, éste último siempre fue menor en las muestras recolectadas en el momento de pre-floración mientras que en tres de las cinco localidades, el máximo rendimiento del aceite se dio en el estado óptimo de floración en el mes de junio.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Los objetivos de esta tesis doctoral son los siguientes:

1. **Estudiar la fenología del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. (*Labiatae*) de la provincia de Madrid para conocer sus variaciones cualitativas y cuantitativas.**
 - 1.1. Estudiar el comportamiento del aceite esencial a lo largo de un ciclo fenológico.
 - 1.2. Estudiar posibles diferencias en la composición del aceite esencial entre las poblaciones silvestres y cultivadas.
 - 1.3. Estudiar si hay diferencias cualitativas y cuantitativas en la composición de la esencia según dos tipos de tratamiento de las muestras tras su recolección: secado a temperatura ambiente o congelación.

Para alcanzar estos objetivos se han estudiado tres poblaciones de *R. officinalis*: silvestre, cultivada y asilvestrada. Se recolectaron muestras de tres individuos en cada una de estas tres poblaciones durante 13 meses, congelando las muestras. Para el objetivo 1.3, el muestreo en la población asilvestrada se hizo por duplicado para obtener dos lotes de muestras de los mismos individuos que se congelaron y secaron a temperatura ambiente respectivamente.

2. **Realizar un estudio comparativo de la composición química del aceite esencial de las tres especies del género *Rosmarinus* presentes en la Península Ibérica, creciendo en el sureste peninsular: *Rosmarinus officinalis* L., *Rosmarinus eriocalix* Jord. & Fourr. y *Rosmarinus tomentosus* Hub.-Mor. & Maire, como una aproximación al estudio quimiosistemático del género para así aportar más datos al conocimiento del mismo en nuestro territorio.**
 - 2.1. Estudiar las diferencias y similitudes entre los aceites esenciales de las tres especies ibéricas.
 - 2.2. Comprobar cuál es la aportación de los análisis químicos de las esencias a la hora de ayudar a diferenciar estos tres taxones.

Para la consecución de este segundo objetivo se recolectaron muestras de las tres especies en estado silvestre en las provincias de Almería, Granada y Málaga. Además, se recogió un individuo de *R. eriocalix* y otro de *R. tomentosus* que se cultivaron en el Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC (en adelante RJB-CSIC). Tanto las muestras silvestres como las cultivadas se recolectaron al principio y al final del verano.

En todos los casos el aceite esencial se extrajo por corriente de vapor y se realizó su análisis mediante cromatografía de gases (CG) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/MS).

Tras estos análisis, se identificaron los compuestos, sus porcentajes relativos y se calculó el rendimiento del aceite esencial para estudiar las diferencias y variaciones cualitativas y cuantitativas entre las especies estudiadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL

3.1.1 ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DEL ACEITE ESENCIAL DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* EN LA PROVINCIA DE MADRID.

Se escogieron tres poblaciones de *Rosmarinus officinalis* L., una silvestre, una asilvestrada y otra cultivada. De cada población se escogieron tres individuos al azar, de los cuales se recolectaron muestras una vez al mes. Se recolectó la parte aérea de la planta, por lo que según el estado fenológico de la misma, hay muestras compuestas por ramas y hojas; ramas, hojas y flores; y ramas, hojas, flores y frutos. La recolección se realizó entre febrero de 2001 y febrero de 2002, siempre en los primeros quince días del mes. Siempre que fue posible, de cada población se realizó un pliego testigo de cada uno de los individuos recolectado en su óptimo fenológico que se encuentra depositado en el Herbario del Departamento de Biología Vegetal I (MACB) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Las muestras de las poblaciones silvestre y cultivada se guardaron en congelador a -18°C hasta la extracción del aceite esencial. En la población asilvestrada las muestras se dividieron en dos lotes: uno fue congelado en las mismas condiciones que las poblaciones silvestre y cultivada; el otro lote se dejó secar durante 15 días a temperatura ambiente y oscuridad.

Las tres poblaciones se nombraron como sigue:

Población silvestre: RO; Población cultivada: ROU; Población asilvestrada, lote congelado: ROCF; Población asilvestrada, lote secado a temperatura ambiente: ROCS.

3.1.1.1 Población silvestre RO.

Localidad: Madrid: Carretera Cerceda-Manzanares el Real, km 27-28, al otro lado de la carretera donde hay un merendero junto al río Samburiel conocido popularmente como "La Chopera". Números de colector: RO1, RO2, RO3

Coordenadas UTM: 30TVL246077 para un mapa del Servicio Geográfico del Ejército de escala 1:50000, hoja 18-20 Cercedilla.

Pliegos testigo:

MACB 108075 para RO1

MACB 108076 para RO2

MACB 108077 para RO3

Se trata de un encinar en etapas de sustitución acompañado sobre todo de *Juniperus oxycedrus* y *Cistus laurifolius*.

Las fechas de recolección, el peso fresco en gramos y la denominación de las muestras se reflejan en la Tabla 3-1

Tabla 3-1: RO. Datos de recolección.

Primer individuo	Fecha recolección	Segundo individuo	Fecha recolección	Tercer individuo	Fecha recolección
RO-I-1	11/02/2001	RO-II-1	11/02/2001	RO-III-1	11/02/2001
RO-I-2	15/03/2001	RO-II-2	15/03/2001	RO-III-2	15/03/2001
RO-I-3	09/04/2001	RO-II-3	09/04/2001	RO-III-3	09/04/2001
RO-I-4	15/05/2001	RO-II-4	15/05/2001	RO-III-4	15/05/2001
RO-I-5	11/06/2001	RO-II-5	11/06/2001	RO-III-5	11/06/2001
RO-I-6	09/07/2001	RO-II-6	09/07/2001	RO-III-6	09/07/2001
RO-I-7	15/08/2001	RO-II-7	15/08/2001	RO-III-7	15/08/2001
RO-I-8	13/09/2001	RO-II-8	13/09/2001	RO-III-8	13/09/2001
RO-I-9	26/10/2001	RO-II-9	26/10/2001	RO-III-9	26/10/2001
RO-I-10	19/11/2001	RO-II-10	19/11/2001	RO-III-10	19/11/2001
RO-I-11	18/12/2001	RO-II-11	18/12/2001	RO-III-11	18/12/2001
RO-I-12	14/01/2002	RO-II-12	14/01/2002	RO-III-12	14/01/2002
RO-I-13	12/02/2002	RO-II-13	12/02/2002	RO-III-13	12/02/2002

RO: *R. officinalis* silvestre.

I, II, III: individuos en los que se repite la toma de muestras cada mes.

1-13: mes de la recolección, correlativos a partir de febrero de 2001.

3.1.1.2 Población cultivada ROU.

Localidad: Madrid. Cruce de la Carretera de la Dehesa de la Villa, Avenida de Miraflores y Avenida de la Complutense, talud entre la Carretera de la Dehesa de la Villa y la Avenida de Miraflores, en la Ciudad Universitaria. Números de colector: RO4, RO5, RO6

Coordenadas UTM: 30TVK382789 para un mapa del Instituto Geográfico Nacional de escala 1:25000.

Es una población de individuos cultivados en vivero y que recibieron cuidados de jardinería como poda y riego.

Pliegos testigo:

MACB 108078 para RO4

MACB 108079 para RO5

MACB 108080 para RO6

Las fechas de recolección, el peso fresco en gramos y la denominación de las muestras se reflejan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: ROU. Datos de recolección.

Primer individuo	Fecha recolección	Segundo individuo	Fecha recolección	Tercer individuo	Fecha recolección
ROU-I-1	15/02/2001	ROU-II-1	15/02/2001	ROU-III-1	15/02/2001
ROU-I-2	15/03/2001	ROU-II-2	15/03/2001	ROU-III-2	15/03/2001
ROU-I-3	09/04/2001	ROU-II-3	09/04/2001	ROU-III-3	09/04/2001
ROU-I-4	15/05/2001	ROU-II-4	15/05/2001	ROU-III-4	15/05/2001
ROU-I-5	11/06/2001	ROU-II-5	11/06/2001	ROU-III-5	11/06/2001
ROU-I-6	09/07/2001	ROU-II-6	09/07/2001	ROU-III-6	09/07/2001
ROU-I-7	15/08/2001	ROU-II-7	15/08/2001	ROU-III-7	15/08/2001
ROU-I-8	13/09/2001	ROU-II-8	13/09/2001	ROU-III-8	13/09/2001
ROU-I-9	25/10/2001	ROU-II-9	25/10/2001	ROU-III-9	25/10/2001
ROU-I-10	20/11/2001	ROU-II-10	20/11/2001	ROU-III-10	20/11/2001
ROU-I-11	18/12/2001	ROU-II-11	18/12/2001	ROU-III-11	18/12/2001
ROU-I-12	14/01/2002	ROU-II-12	14/01/2002	ROU-III-12	14/01/2002
ROU-I-13	15/02/2002	ROU-II-13	15/02/2002	ROU-III-13	15/02/2002

ROU: *R. officinalis* cultivados.

I, II, III: individuos en los que se repite la toma de muestras cada mes.

1-13: mes de la recolección, correlativos a partir de febrero de 2001.

3.1.1.3 Población asilvestrada ROCF y ROCS.

Localidad: Casa de Campo de Madrid. Bajando hacia el Sur unos 10 m. desde la Glorieta Perdida. Números de colector: RO7, RO8, RO9.

Coordenadas UTM: 30TVK382789 para un mapa del Instituto Geográfico Nacional de escala 1:25000.

Es una población de individuos cultivados en vivero que tras su plantación en una colina abierta y sin apenas cobertura arbórea, no han recibido cuidados de ningún tipo. Se dio la circunstancia de que en el noveno mes de recolección (correspondiente a octubre del 2001) se produjo un pequeño incendio y el día de la recolección encontramos la población medio quemada. De los individuos seleccionados, el I y el III estaban totalmente quemados y el II a medias. Por lo tanto ese mes se recolectó tan sólo el individuo II y el siguiente mes se escogieron otros dos individuos que no hubieran sufrido daños por el incendio, denominándose Ib y IIIb para diferenciarlos.

Pliegos testigo:

MACB 108081 para RO7

MACB 108082 para RO8

MACB 108083 para RO9

Las fechas de recolección, el peso fresco en gramos para las muestras que se congelaron, el peso seco para las muestras que se secaron a temperatura ambiente y la denominación de las muestras se reflejan en la Tabla 3-3 y Tabla 3-4:

Tabla 3-3: ROCF. Datos de recolección.

Primer individuo	Fecha recolección	Segundo individuo	Fecha recolección	Tercer individuo	Fecha recolección
ROCF-I-1	13/02/2001	ROCF-II-1	13/02/2001	ROCF-III-1	13/02/2001
ROCF-I-2	20/03/2001	ROCF-II-2	20/03/2001	ROCF-III-2	20/03/2001
ROCF-I-3	09/04/2001	ROCF-II-3	09/04/2001	ROCF-III-3	09/04/2001
ROCF-I-4	15/05/2001	ROCF-II-4	15/05/2001	ROCF-III-4	15/05/2001
ROCF-I-5	11/06/2001	ROCF-II-5	11/06/2001	ROCF-III-5	11/06/2001
ROCF-I-6	09/07/2001	ROCF-II-6	09/07/2001	ROCF-III-6	09/07/2001
ROCF-I-7	15/08/2001	ROCF-II-7	15/08/2001	ROCF-III-7	15/08/2001
ROCF-I-8	13/09/2001	ROCF-II-8	13/09/2001	ROCF-III-8	13/09/2001
ROCF-I-9	26/10/2001	ROCF-II-9	26/10/2001	ROCF-III-9	26/10/2001
ROCF-Ib-10	21/11/2001	ROCF-IIb-10	21/11/2001	ROCF-IIIb-10	21/11/2001
ROCF-Ib-11	18/12/2001	ROCF-IIb-11	18/12/2001	ROCF-IIIb-11	18/12/2001
ROCF-Ib-12	14/01/2002	ROCF-IIb-12	14/01/2002	ROCF-IIIb-12	14/01/2002
ROCF-Ib-13	12/02/2002	ROCF-IIb-13	12/02/2002	ROCF-IIIb-13	12/02/2002

ROCF: *R. officinalis* asilvestrado; muestras congeladas.

I, II, III: individuos en los que se repite la toma de muestras cada mes.

1-13: mes de la recolección, correlativos a partir de febrero de 2001.

Ib, IIb, IIIb: individuos nuevos en los que se realiza la toma de muestras porque la población se quemó en parte.

Tabla 3-4: ROCS. Datos de recolección.

Primer individuo	Fecha recolección	Segundo individuo	Fecha recolección	Tercer individuo	Fecha recolección
ROCS-I-1	13/02/2001	ROCS-II-1	13/02/2001	ROCS-III-1	13/02/2001
ROCS-I-2	20/03/2001	ROCS-II-2	20/03/2001	ROCS-III-2	20/03/2001
ROCS-I-3	09/04/2001	ROCS-II-3	09/04/2001	ROCS-III-3	09/04/2001
ROCS-I-4	15/05/2001	ROCS-II-4	15/05/2001	ROCS-III-4	15/05/2001
ROCS-I-5	11/06/2001	ROCS-II-5	11/06/2001	ROCS-III-5	11/06/2001
ROCS-I-6	09/07/2001	ROCS-II-6	09/07/2001	ROCS-III-6	09/07/2001
ROCS-I-7	15/08/2001	ROCS-II-7	15/08/2001	ROCS-III-7	15/08/2001
ROCS-I-8	13/09/2001	ROCS-II-8	13/09/2001	ROCS-III-8	13/09/2001
ROCS-I-9	26/10/2001	ROCS-II-9	26/10/2001	ROCS-III-9	26/10/2001
ROCS-Ib-10	21/11/2001	ROCS-IIb-10	21/11/2001	ROCS-IIIb-10	21/11/2001
ROCS-Ib-11	18/12/2001	ROCS-IIb-11	18/12/2001	ROCS-IIIb-11	18/12/2001
ROCS-Ib-12	14/01/2002	ROCS-IIb-12	14/01/2002	ROCS-IIIb-12	14/01/2002
ROCS-Ib-13	12/02/2002	ROCS-IIb-13	12/02/2002	ROCS-IIIb-13	12/02/2002

ROCS: *R. officinalis* asilvestrado; muestras secas a temperatura ambiente.

I, II, III: individuos en los que se repite la toma de muestras cada mes.

1-13: mes de la recolección, correlativos a partir de febrero de 2001.

Ib, IIb, IIIb: individuos nuevos en los que se realiza la toma de muestras porque la población se quemó en parte.

3.1.2 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO QUIMIOSISTEMÁTICO DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR.

Se han recolectado las muestras de las tres especies del género *Rosmarinus* de la Península Ibérica en dos momentos fenológicos: finales de junio, floración tardía; finales de septiembre, fructificación.

Se recolectó la parte aérea de la planta, por lo que según el estado fenológico de la misma, hay muestras compuestas por ramas, hojas y flores o ramas, hojas, flores y frutos. La recolección se realizó en junio de 2011 (Viaje al Sur I) y septiembre de 2011 (Viaje al Sur II). Siempre que fue posible, de cada población se hizo un pliego testigo que se encuentra depositado en el Herbario del Departamento de Biología Vegetal I (MACB) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Todas las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente y oscuridad durante 15 días.

3.1.2.1 *Rosmarinus eriocalyx* Jord. & Fourr.

Se han estudiado dos poblaciones silvestres creciendo en el sur de la Península Ibérica y un individuo cultivado en el Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC para realizar un estudio comparativo:

3.1.2.1.1 Población ERI 1:

En esta población se recolectaron muestras de tres individuos con números de colector MCM46, MCM47, MCM48 (Viaje al Sur I) y MCM46-II, MCM47-II y MCM48-II (Viaje al Sur II). Del individuo MCM46 se depositó un pliego testigo en MACB con número 108084.

Localidad: **Almería**, carretera de Tabernas a Almería, N-340a, en el Poblado del Oeste (mini-Hollywood), un caminito a la izquierda de la entrada.

Coordenadas UTM: 30S 550465/4097411. 297msnm.

3.1.2.1.2 Población ERI 2:

En esta población se recolectaron muestras de cuatro individuos con números de colector MCM51, MCM52, MCM53, MCM54 (Viaje al Sur I) y MCM51-II, MCM52-II, MCM53-II y MCM54-II (Viaje al Sur II). Se depositaron dos pliegos testigos correspondientes a MCM51 y MCM54 en MACB con números 108085 y 108086 respectivamente.

Localidad: **Almería**, Desierto de Tabernas. En la N-341 de la Venta del Pobre a Carboneras, en una desviación a la izquierda de esa carretera que va a Las Norias junto a un poste de la luz.

Coordenadas UTM: 30S 0586883/4094061. 181 msnm.

3.1.2.1.3 Ejemplar ERI RJB:

Se recolectaron dos muestras del individuo cultivado en el RJB-CSIC, en el cuadro de la familia *Labiatae* con números de colector MCM61 (correspondiente al Viaje al Sur I) y MCM61-II (correspondiente al Viaje al Sur II).

Coordenadas UTM: 30T 0441368/4473691. 635 msnm.

Localidad de origen: **Almería**, carretera a Las Norias, rambla y borde de rambla, margas yesíferas. Coordenadas UTM: 30SWF86860/94030. 178 msnm. Fecha de recolección para su cultivo en el RJB-CSIC: 11/09/2008. Corresponde al número de recolector de Ramón Morales: 2199RM.

3.1.2.2 *Rosmarinus tomentosus* Hub.-Mor. & Maire

Se ha estudiado una población silvestre creciendo en el sur de la Península Ibérica y un individuo cultivado en el RJB-CSIC para realizar un estudio comparativo:

3.1.2.2.1 Población TOM 1:

En esta población se recolectaron muestras de tres individuos con números de colector MCM56, MCM57, MCM58 (Viaje al Sur I) y MCM56-II, MCM57-II y MCM58-II (Viaje al Sur II). Se depositó un pliego testigo de MCM56 en MACB con número 108088.

Localidad: **Granada**, de Salobreña a Vélez de Benaudalla. Cortados dolomíticos del río Guadalfeo, en la AL-343/N-323 cuando empiezan los cortados en dirección a Vélez en el lado de la dcha. Junto a un chorro de agua y una gran tubería. Justo antes hay un puente y la tubería es un canal para el aumento de la dotación de Salobreña.

Coordenadas UTM: 30S 0451872/4071336. 52 msnm.

3.1.2.2.2 Ejemplar TOM RJB:

Se recolectaron muestras de un individuo cultivado en el RJB-CSIC, en el cuadro de la familia *Labiatae* con números de colector MCM62 (correspondiente al Viaje al Sur I) y MCM62-II (correspondiente al Viaje al Sur II).

Coordenadas UTM: 30T 0441368/4473691. 635 msnm.

Localidad de origen: **Granada**, Cerro Gordo, mirador, cortados junto a barandilla de madera. Coordenadas UTM: 30SVF31442/65596. 231 msnm. Fecha de recolección para su cultivo en el Real Jardín Botánico-CSIC: 10/09/2008. Corresponde al número de recolector de Ramón Morales: 2195RM.

3.1.2.3 *Rosmarinus officinalis* L.

Se han estudiado dos poblaciones silvestres creciendo en el sur de la Península Ibérica y un individuo cultivado en el RJB-CSIC para realizar un estudio comparativo:

3.1.2.3.1 Población OFF 1:

Esta población crecía junto a la población TOM 1 de *R. tomentosus* y sólo se pudieron recolectar muestras de un individuo con números de colector MCM59 (Viaje al Sur I) y MCM59-II (Viaje al Sur II). Se depositó un pliego testigo de MCM59 en MACB con el número 108089.

Localidad: **Granada**, de Salobreña a Vélez de Benaudalla. Cortados dolomíticos del río Guadalfeo, en la AL-343/N-323 cuando empiezan los cortados en dirección a Vélez en el lado de la dcha. Junto a un chorro de agua y una gran tubería.

Coordenadas UTM: 30S 0451872/4071336, 52 msnm.

3.1.2.3.2 Población OFF 2:

Esta población crecía junto a la población ERI 2 de *R. eriocalix*. Se recolectaron muestras de dos individuos con números de colector MCM50, MCM55 (Viaje al Sur I) y MCM50-II, MCM55-II (Viaje al Sur II). Se depositó un pliego testigo de MCM55 con el número 108087.

Los dos ejemplares estaban separados por una distancia lineal aproximada de 3 km. pero ambos pertenecen a la misma población. Las localidades se detallan a continuación:

Localidad MCM50: **Almería**, desierto de Tabernas. En la carretera Autonómica-3, paralela a la E-15/N-340. Viniendo de Níjar, pasada la Venta del Pobre cerca de unas edificaciones. Coordenadas UTM: 30S583979/4095546, 209 msnm.

Localidad MCM55: **Almería**, Desierto de Tabernas. En la N-341 de la Venta del Pobre a Carboneras, en una desviación a la izquierda de esa carretera que va a Las Norias junto a un poste de la luz.

Coordenadas UTM: 30S 0586883/4094061, 181 msnm.

3.1.2.3.3 Ejemplar OFF RJB:

Se recolectaron muestras de un individuo cultivado en el RJB-CSIC, en el cuadro de la familia *Labiatae* con números de colector MCM60 (correspondiente al Viaje al Sur I) y MCM60-II (correspondiente al Viaje al Sur II).

Localidad: **Madrid**. Real Jardín Botánico-CSIC.

Coordenadas UTM: 30T 0441368/4473691. 635 msnm.

Las fechas de recolección de todos los ejemplares muestreados en el Viaje al Sur I y Viaje al Sur II se detallan en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Fechas de recolección Viaje Sur I y Viaje Sur II.

<i>R. eriocalix</i>		<i>R. tomentosus</i>		<i>R. officinalis</i>	
Pob. ERI1		Pob. TOM1		Pob. OFF1	
MCM 46	23/06/2011	MCM 56	24/06/2011	MCM 59	24/06/2011
MCM 47	23/06/2011	MCM 57	24/06/2011	-	-
MCM 48	23/06/2011	MCM 58	24/06/2011	-	-
MCM 46-II	01/10/2011	MCM 56-II	01/10/2011	MCM 59-II	01/10/2011
MCM 47-II	01/10/2011	MCM 57-II	01/10/2011	-	-
MCM 48-II	01/10/2011	MCM 58-II	01/10/2011	-	-
Pob. ERI2				Pob. OFF2	
MCM 51	24/06/2011	-	-	MCM 50	23/06/2011
MCM 52	24/06/2011	-	-	MCM 55	24/06/2011
MCM 53	24/06/2011	-	-	-	-
MCM 54	24/06/2011	-	-	-	-
MCM 51-II	01/10/2011	-	-	MCM 50-II	01/10/2011
MCM 52-II	01/10/2011	-	-	MCM 55-II	01/10/2011
MCM 53-II	01/10/2011	-	-	-	-
MCM 54-II	01/10/2011	-	-	-	-
ERI RJB		TOM RJB		OFF RJB	
MCM 60	27/06/2011	MCM 62	27/06/2011	MCM 61	27/06/2011
MCM 60-II	01/10/2011	MCM 62-II	01/10/2011	MCM 61-II	01/10/2011

Pob.: Población. RJB: Real Jardín Botánico-CSIC. ERI: *R. eriocalix*; TOM: *R. tomentosus*; OFF: *R. officinalis*.

3.2 EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

Existen diversos métodos para extraer los compuestos volátiles que forman el aceite esencial de una planta. Los métodos más clásicos son maceración, enflorado, extracción con disolventes orgánicos y destilación en corriente de vapor, de los cuales los más usados clásicamente son la extracción con disolventes orgánicos y la destilación en corriente de vapor o hidrodestilación. Existen trabajos que comparan ambos procedimientos (Méndez-Tovar *et al.*, 2015).

La extracción con disolventes orgánicos se basa en la polaridad de los compuestos a extraer. La muestra se pone en contacto con los solventes que solubilizan y extraen los compuestos de la esencia de acuerdo a su polaridad. El disolvente se elimina destilándolo a presión reducida. También se extraen otros compuestos solubles en el disolvente pero de baja volatilidad que posteriormente deberán ser eliminados con distintas técnicas (Soria, 2003)

Se han ido desarrollando otras técnicas de extracción, entre las que podemos destacar:

Extracción por Microondas (SFME), que básicamente consiste en calentar la muestra utilizando un horno microondas como fuente de energía. Debido a esta energía, la vibración del agua presente en el material vegetal hace que se rompan las glándulas donde se forma el

aceite esencial, liberándolo. Este aceite se condensa al pasar por un tubo refrigerador y se recoge obteniendo aceites cuya composición cuantitativa es similar a la de aquellos obtenidos por hidrodestilación (Lo Presti *et al.*, 2005; Bousbia *et al.*, 2009).

Extracción con Fluidos Supercríticos (SFE), en la que se lleva CO₂ a su estado de fluido supercrítico (presión y temperatura 73 atm. y 31°C o superior), ya que en este estado actúa como un disolvente extrayendo gran cantidad de los compuestos que forman el aceite esencial (Zermane *et al.*, 2010); Descompresión Instantánea Controlada (DIC) que consiste en someter el material vegetal a una presión entre 0,5-3 bar un corto periodo de tiempo seguido de una descompresión instantánea a vacío (15 mbar) con lo que se puede llegar a extraer el 90% del aceite esencial (Rezzoug *et al.*, 1998).

Extracción y Destilación Simultánea (SDE): esta técnica combina la extracción con disolventes y la hidrodestilación. Se basa en condensar simultáneamente el vapor destilado con los compuestos volátiles a extraer y un disolvente orgánico inmisible. Requiere pequeñas cantidades de muestra, además de concentrar los compuestos volátiles extraídos en un pequeño volumen de disolvente. Tal y como explica Chaintreau (2001), esta técnica ha ido siendo modificada con los años hacia otras como la Microextracción-Destilación Simultánea y se han encontrado numerosas aplicaciones, especialmente en la industria alimentaria, para caracterizar los componentes volátiles responsables del aroma de los alimentos y de determinadas especias (Castro, 2003).

Con la puesta a punto de estas nuevas técnicas se busca evitar diferentes variables que pueden afectar a la pureza de la composición química del aceite esencial como la presencia de sustancias no volátiles en el extracto, el hecho de que determinados disolventes empleados pueden ser altamente selectivos a determinados tipos de compuestos o los costes ambientales y económicos que suponen debido al elevado tiempo de extracción y de gasto de agua o al empleo de disolventes no orgánicos que pueden ser contaminantes si no son tratados correctamente al ser desechados (Lo Presti *et al.*, 2005). En muchos casos se hallaron diferencias cuantitativas pero no cualitativas entre las diferentes técnicas (Baser and Buchbauer, 2010).

3.2.1 EXTRACCIÓN POR HIDRODESTILACIÓN

En esta tesis doctoral hemos utilizado la extracción por corriente de vapor con cohobación (hidrodestilación) en un aparato de destilación de Clevenger modificado (Imagen 3.1) fabricado en vidrio, tal y como propone la Real Farmacopea Española (Vardulaki, 1997), en el que el material vegetal está en contacto permanente con el agua (y no separado como proponía Clevenger).

El proceso de destilación es el siguiente:

El material vegetal se trocea y se introduce en un matraz. Se cubre con agua y se añade cloruro sódico (NaCl) para aumentar el punto de ebullición y favorecer la extracción de los compuestos del aceite esencial con puntos de ebullición más altos.

Se acopla la cabeza de destilación y se calienta el matraz con calor constante hasta llevar el agua a ebullición, manteniendo este estado durante todo el proceso.

Cuando el agua alcanza el punto de ebullición, la cutícula de las glándulas que contienen el aceite se rompe y se liberan los compuestos volátiles que son arrastrados por el vapor de

agua y suben por la columna de destilación hasta llegar al tubo de refrigeración; al pasar por éste se condensan y debido a la distinta densidad del aceite y del agua, y a que son inmiscibles, se separan quedando el aceite por encima del agua. La fase acuosa contiene en emulsión pequeñas cantidades de esencia cuya proporción depende de la estructura molecular de los compuestos volátiles que la forman, por lo que es necesario reciclar esta fase acuosa mediante el método de cohobación para reducir lo máximo posible estas pérdidas.

La destilación se mantiene durante 8 horas hasta agotar la esencia de la planta. Transcurrido este tiempo se mide el volumen de esencia obtenido, se recoge con éter dietílico en frascos de vidrio topacio para evitar el efecto degradativo de la luz y se añade sulfato magnésico anhidro (Mg_2SO_4) para eliminar el agua de saturación de la esencia que podría alterar la composición química por hidrólisis o polimerizaciones. Los frascos debidamente etiquetados se conservaron bajo atmósfera de nitrógeno para evitar las oxidaciones y en congelador a $-18^{\circ}C$ hasta el momento de su análisis.

El color de los aceites esenciales varió de ligeramente amarillento a casi naranja.

Con el volumen de esencia obtenido se calcularon los rendimientos como mililitros de esencia por 100 gr de material vegetal fresco.

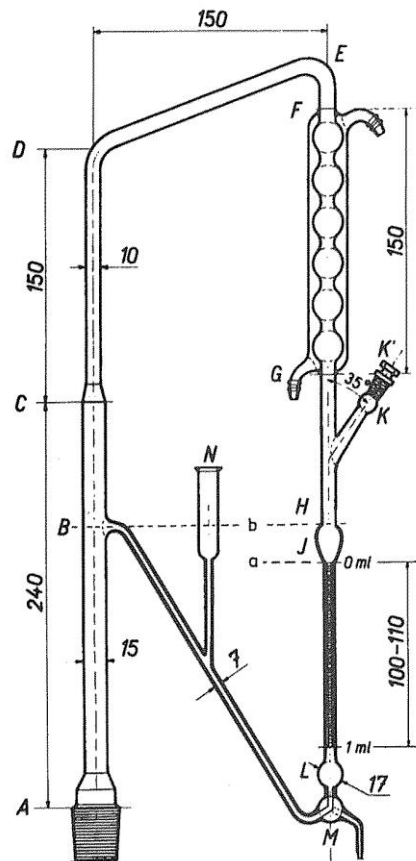


Imagen 3.1: Cabeza de destilación de Clevenger modificada.
Dimensiones en mm.

3.2.2 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN

3.2.2.1 Análisis cuantitativo

❖ Cromatografía de gas líquido (CGL):

Se ha utilizado un cromatógrafo Varian 3300 equipado con una columna capilar de 50 m de longitud y 0.25 mm de diámetro interno, con fase estacionaria Silicona DB-1 recubriendo la pared interna con un espesor de capa de 0.25 μm y detector de ionización de llama (Flame Ionization Detector: FID). Los análisis de las muestra se realizaron en las siguientes condiciones: temperatura de la columna: programada de 95 a 240°C con una rampa de calentamiento de 4°C/min. El tiempo inicial 0 y el tiempo final 5 minutos. La inyección de las muestras se realizó a 250°C en modo Split (1:100). Como gas portador se usó Nitrógeno (1.5 mL/min).

3.2.2.2 Análisis cualitativo

❖ Cromatografía de gas líquido-espectrometría de masas (CGL-EM):

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM) se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 equipado con una columna capilar de 50m x 0.22 mm con fase estacionaria metil-silicona SE-30 recubriendo la pared interna con un espesor de capa de 0.25 μm , acoplado a un detector selectivo de masas HP 5971A. Los análisis de las muestra se realizaron en las siguientes condiciones: temperatura de la columna: programada de 70-220°C a 4°C/min. Se usó Helio como gas portador (0.5 mL/min). La inyección de las muestras se realizó a 250°C en modo Split (1:20). Los espectros de masas se registraron a 70 eV.

3.2.2.3 Identificación de los compuestos

La identificación de los compuestos volátiles presentes en las muestras se ha realizado utilizando los índices de retención Kovats (IK) comparándolos con los de los patrones obtenidos en las mismas condiciones del análisis y con los índices publicados en la bibliografía (Adams, 1995; Adams, 2001). Mediante CG/EM se identificaron los compuestos en función de la comparación de los patrones de fragmentación de su espectro de masas con: aquellos informatizados en la base de datos del espectrofotómetro (Wiley built-in library); los de la bibliografía (Adams, 1995; Adams, 2001; Jennings and Shibamoto, 1980; Joulain and König, 1998) y los espectros de patrones obtenidos en las mismas condiciones del análisis.

Algunos de los cromatogramas obtenidos a partir de la CGL-EM se muestran a continuación (Imagen 3.2, Imagen 3.3, Imagen 3.4, Imagen 3.5).

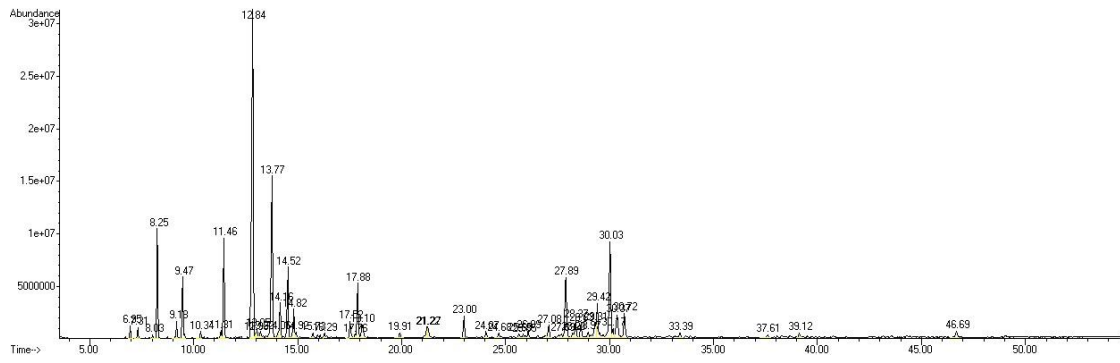


Imagen 3.2: Cromatograma de *R. officinalis*, población RO.

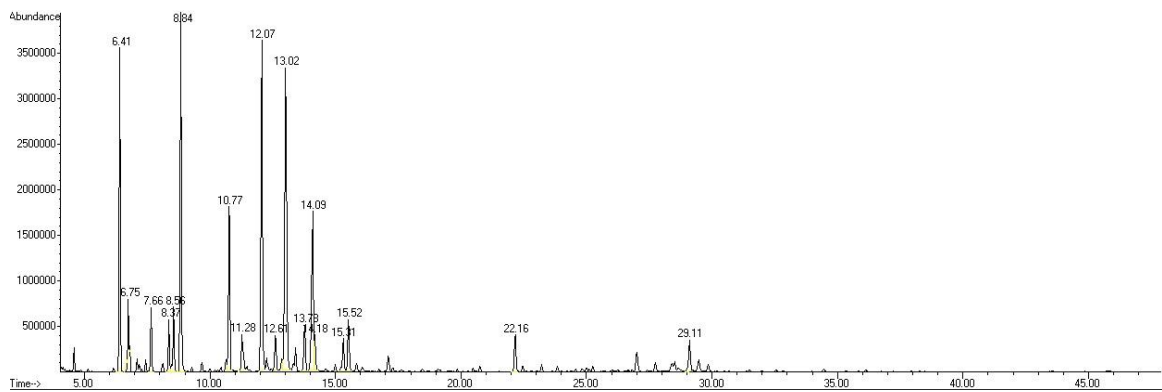


Imagen 3.3: Cromatograma de *R. officinalis*, población ROU.

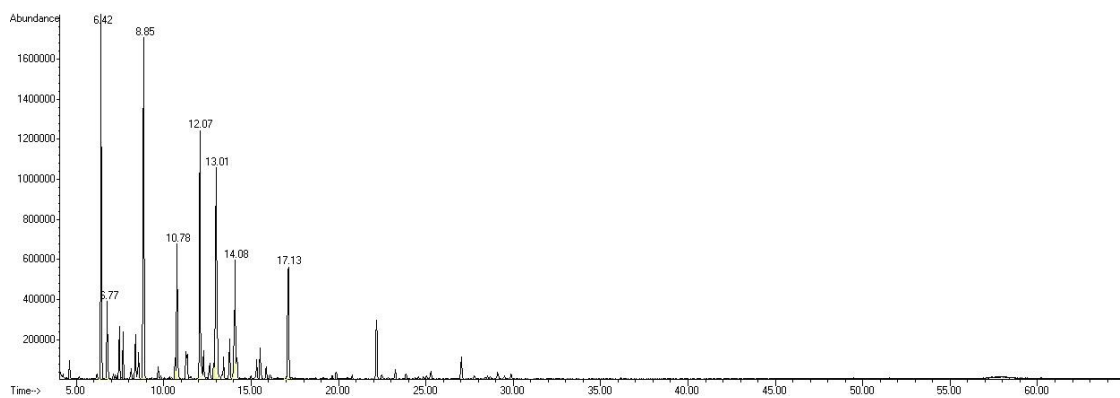


Imagen 3.4: Cromatograma de *R. officinalis*, población ROCF.

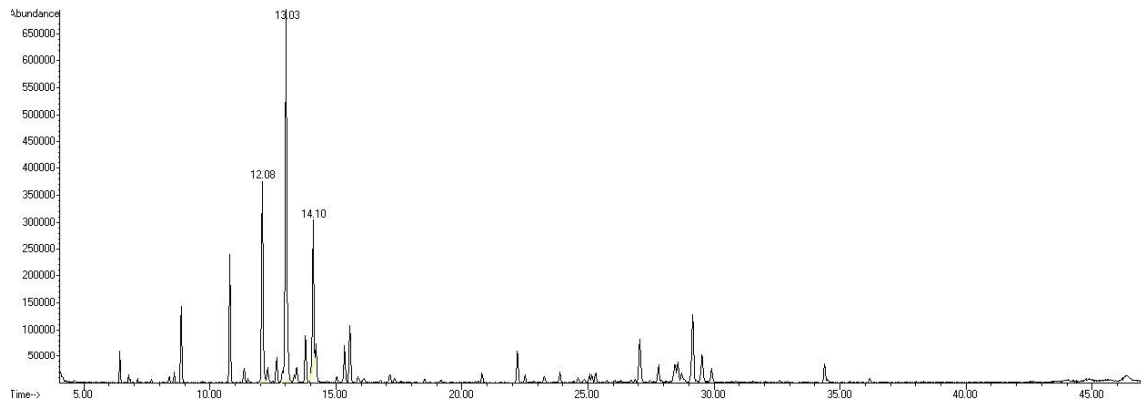


Imagen 3.5: Cromatograma de *R. officinalis*, población ROCS.

3.3 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

La caracterización bioclimática sólo se ha realizado para las localidades muestreadas en el estudio fenológico del aceite esencial de *R. officinalis* en la provincia de Madrid. Para ello se recopilaron los datos climáticos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los diferentes puntos de muestreo incluyendo los años en los que se realizó la toma de muestras (2001-2002).

Para la población silvestre RO, se usaron los datos de la estación Collado Mediano “Montecollado”. Para la población cultivada ROU los de la estación Madrid Retiro y para la población asilvestrada ROCF y ROCS los de la estación Madrid Cuatro Vientos “Aeródromo”.

Con los datos de precipitación, temperatura y latitud proporcionados se han realizado los climodiagramas correspondientes y se han calculado los índices bioclimáticos necesarios para la caracterización bioclimática.

Esta caracterización bioclimática no se ha realizado para el estudio quimiosistemático del género en el sureste peninsular, puesto que no se trata de un estudio fenológico al no poder realizarse más que dos campañas de recolección

RESULTADOS

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

La caracterización bioclimática sólo se ha realizado para las localidades de las poblaciones utilizadas en el estudio fenológico de *Rosmarinus officinalis* en la provincia de Madrid (población silvestre RO, cultivada ROU y asilvestrada ROCF).

Con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas se han realizado los climodiagramas siguiendo las pautas de Gaussen y Walter-Lieth, que representan la relación entre la temperatura y la precipitación, y se han calculado determinados parámetros ecológicos de naturaleza climática: periodo seco PS (en el climodiagrama, meses en los que la línea de precipitaciones está por debajo de la de temperatura), periodo húmedo PH (en el climodiagrama, meses en los que la línea de precipitaciones está por encima de la de temperatura), periodo de actividad vegetativa PAV (los meses en los que la temperatura media es $>7,5^{\circ}\text{C}$), periodo de heladas seguras PHS (los meses en los que la media de las temperaturas mínimas es $\leq 0^{\circ}\text{C}$), periodo de heladas probables PHP (los meses en los que, aunque la media de las temperaturas mínimas sea $>0^{\circ}\text{C}$, la temperatura mínima absoluta es $\leq 0^{\circ}\text{C}$).

En cuanto a los índices bioclimáticos, se han calculado:

- El Índice de termicidad de Rivas-Martínez (It): indica el piso y el horizonte bioclimático.

$$It=(T+Mm+m)\times 10$$

donde T: temperatura media anual en $^{\circ}\text{C}$; Mm: temperatura media de las máximas del mes más frío en $^{\circ}\text{C}$; m: media de las mínimas del mes más frío (Rivas-Martínez, 1987).

- El Índice de Emberger (cociente termopluviométrico, Q), junto con la temperatura media de las mínimas del mes más frío, permite saber el subtipo de clima mediterráneo en función de la humedad.

$$Q=100[P(M^2-m^2)]$$

donde P: precipitación anual en mm; M^2 : media de las máximas del mes más cálido en $^{\circ}\text{C}$; m: media de las mínimas del mes más frío.

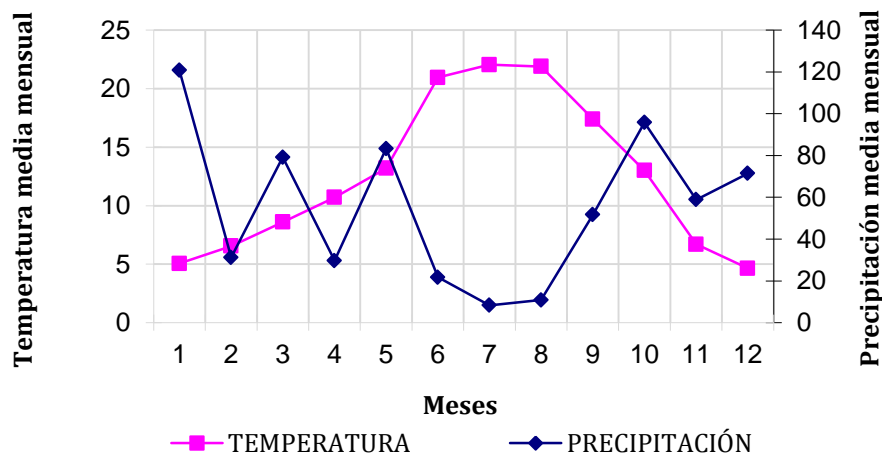
- El Índice de continentalidad de Gorezynski (K), que indica el grado de continentalidad.

$$K=(1,7A/\text{sen}L)-20,4$$

donde A: amplitud térmica; L: latitud.

4.1.1 POBLACIÓN SILVESTRE RO

Según se observa en el climodiagrama (Gráfica 4-1) y la Tabla 4-1, el PS fue de cinco meses, de mayo a septiembre ambos inclusive. Debido a que en uno de los años de medida las precipitaciones del mes de abril fueron muy escasas en ese mes aparece la curva de precipitaciones por debajo de la de temperatura pero no puede considerarse un periodo seco en sentido estricto; el PH fue de enero a marzo y de octubre a diciembre y el PAV de marzo a octubre. El PHP fue de enero a mayo, noviembre y diciembre, no dándose ningún mes con heladas seguras.



Gráfica 4-1: RO. Climodiagrama.
Meses 1-12: enero a diciembre. Temperatura en °C. Precipitación en mm.

Tabla 4-1: RO. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.

PARÁMETRO	MESES
PS	mayo a septiembre
PH	enero a marzo, octubre a diciembre
PAV	marzo a octubre
PHS	no hay
PHP	enero a mayo, noviembre y diciembre

PS: Periodo seco. PH: Periodo húmedo. PAV: Periodo de actividad vegetativa. PHS: Periodo de heladas seguras. PHP: Periodo de heladas probables. tm: temperatura media de cada mes. t: temperatura media de las mínimas de cada mes. t': temperatura mínima absoluta de cada mes. Temperaturas en °C.

Para el cálculo de los índices bioclimáticos se han utilizado las variables reflejadas en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: RO. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.

VARIABLE	TEMPERATURA (°C)	MESES
Mes más cálido (con tm mayor)	22,05	Julio
Mes más frío (con tm menor)	4,65	Diciembre
Máxima absoluta (M')	35,7	Agosto 2001
Media de las máximas del mes más cálido (M)	28,9	-
Media de las máximas del mes más frío (Mm)	8,15	-
Media de las mínimas del mes más frío (m)	15,15	-
Mínima absoluta (m')	-10	Diciembre 2001
Temperatura media anual (T)	12,56	
PLUVIOSIDAD		
	(mm)	
Precipitación media anual (P)	662,85	
GRADOS		
Latitud	40°41'36"	

tm: temperatura media de cada mes.

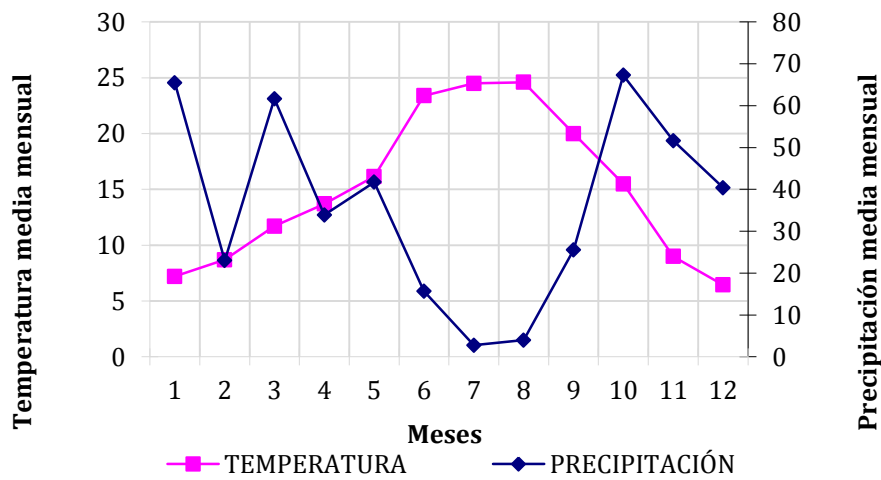
Según el **Índice de termicidad de Rivas- Martínez**, (que nos da un valor de 218,63), la población silvestre RO se encuentra en el piso Mesomediterráneo superior.

El **Índice de Emberger** nos da valor de 79,49 que corresponde a un clima mediterráneo templado.

El **Índice de continentalidad de Gorezynski** —con un valor de 24,97— indica que es poco continental.

4.1.2 POBLACIÓN CULTIVADA ROU

A partir del climodiagrama (Gráfica 4-2) y junto con la Tabla 4-3, vemos que el PS es de cinco meses, de mayo a septiembre ambos inclusive, el PH de enero a abril y de octubre a diciembre. La curva de temperatura es ligeramente superior a la de precipitaciones en el periodo de abril a mayo, pero la diferencia entre ambas no es lo suficientemente grande como para considerarlo un periodo seco. El PAV correspondió a los meses de febrero a noviembre. Se dio un PHP entre enero y febrero y diciembre y no hubo un PHS.



Gráfica 4-2: ROU. Climodiagrama.
Meses 1-12: enero a diciembre. Temperatura en °C. Precipitación en mm.

Tabla 4-3: ROU. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.

PARÁMETRO	MESES
PS	mayo a septiembre
PH	enero a abril, octubre a diciembre
PAV	febrero a noviembre
PHS	no hay
PHP	enero, febrero y diciembre

PS: Periodo seco. PH: Periodo húmedo. PAV: Periodo de actividad vegetativa. PHS: Periodo de heladas seguras. PHP: Periodo de heladas probables. tm: temperatura media de cada mes. t: temperatura media de las mínimas de cada mes. t': temperatura mínima absoluta de cada mes. Temperaturas en °C.

En la Tabla 4-4 se reflejan las variables empleadas para calcular los índices bioclimáticos.

Tabla 4-4: ROU. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.

VARIABLE	TEMPERATURA (°C)	MESES
Mes más cálido (con tm mayor)	24,6	Agosto
Mes más frío (con tm menor)	6,45	Diciembre
Temperatura máxima absoluta (M')	36,2	Agosto 2001
Media de las máximas del mes más cálido (M)	30,5	-
Media de las máximas del mes más frío (Mm)	9,55	-
Media de las mínimas del mes más frío (m)	3,3	-
Temperatura mínima absoluta (m')	-0,5	Diciembre 2001
Temperatura media anual (T)	15,08	
PLUVIOSIDAD		
	(mm)	
Precipitación media anual (P)	433,15	
GRADOS		
Latitud	40°24'40"	

tm: temperatura media de cada mes.

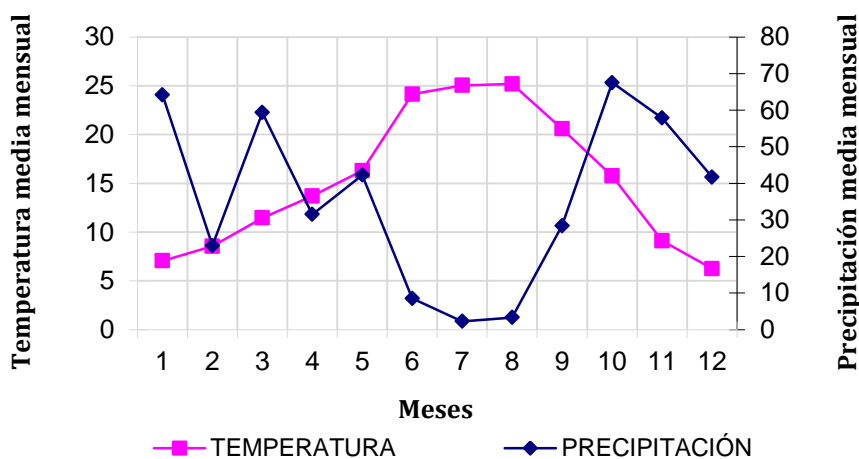
Según el **Índice de termicidad de Rivas- Martínez**, (que nos da un valor de 279,25), la población silvestre ROU se encuentra en el piso Mesomediterráneo medio.

El **Índice de Emberger** nos da valor de 47,11 que corresponde a un clima mediterráneo semiárido.

El **Índice de continentalidad de Gorezynski** —con un valor de 27,19— indica que es poco continental.

4.1.3 POBLACIÓN ASILVESTRADA ROCF Y ROCS

Observando el climodiagrama para esta localidad (Gráfica 4-3) y la Tabla 4-5, se puede ver que el PS es de cinco meses, de mayo a septiembre ambos inclusive; hay dos PH, uno de enero a abril y otro de octubre a diciembre. La curva de temperatura es ligeramente superior a la de precipitaciones en el periodo de abril a mayo, pero la diferencia entre ambas no es lo suficientemente grande como para considerarlo un periodo seco. El PAV se dio de febrero a noviembre y el PHP fue en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre. No hubo ningún mes en el que se dieran heladas seguras.



Gráfica 4-3: ROCF y ROCS. Climodiagrama.
Meses 1-12: enero a diciembre. Temperatura en °C. Precipitación en mm.

Tabla 4-5: ROCF y ROCS. Parámetros ecológicos de naturaleza climática.

PARÁMETRO	MESES
PS	mayo a septiembre
PH	enero a abril, octubre a diciembre
PAV	febrero a noviembre
PHS	no hay
PHP	enero, febrero y diciembre

PS: Periodo seco. PH: Periodo húmedo. PAV: Periodo de actividad vegetativa. PHS: Periodo de heladas seguras. PHP: Periodo de heladas probables. tm: temperatura media de cada mes. t: temperatura media de las mínimas de cada mes. t': temperatura mínima absoluta de cada mes. Temperaturas en °C.

Las variables empleadas en el cálculo de los índices bioclimáticos se detallan en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6: ROCF y ROCS. Variables utilizadas para el cálculo de los índices bioclimáticos.

VARIABLE	TEMPERATURA (°C)	MESES
Mes más cálido (con tm mayor)	25,2	Agosto
Mes más frío (con tm menor)	6,25	Diciembre
Máxima absoluta (M')	38,8	Junio 2001 y 2002
Media de las máximas del mes más cálido (M)	32,2	-
Media de las máximas del mes más frío (Mm)	10,25	-
Media de las mínimas del mes más frío (m)	2,25	-
Mínima absoluta (m')	-6	Diciembre 2001
Temperatura media anual (T)	15,26	
PLUVIOSIDAD		
	(mm)	
Precipitación media anual (P)	429,80	
GRADOS		
Latitud	40°22'40"	

tm: temperatura media de cada mes.

El **Índice de termicidad de Rivas- Martínez** nos da un valor de 277,63 que nos dice que la población asilvestrada se encuentra en el piso Mesomediterráneo medio.

Por el **Índice de Emberger**, (con un valor de 41,66) corresponde a un clima mediterráneo semiárido.

El **Índice de continentalidad de Gorezynski** de 29,33 indica que es poco continental.

4.2 RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL

Tras la destilación de las muestras, se calcularon los rendimientos (Rto.) del aceite esencial para cada individuo. Para cada población se expresa el valor medio de los rendimientos de los tres individuos recolectados en cada mes en mL. de esencia por 100 gramos de planta fresca.

4.2.1 ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DEL ACEITE ESENCIAL DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* EN LA PROVINCIA DE MADRID

4.2.1.1 Población silvestre RO

En la Tabla 4-7 se expresa, para el peso fresco, el volumen de aceite obtenido y el rendimiento, la media de los tres individuos recolectados.

Tabla 4-7: RO. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO FRESCO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
RO-1-feb	38,83	0,23	0,57
RO-2-mar	42,66	0,23	0,54
RO-3-abr	40,57	0,20	0,48
RO-4-may	49,90	0,23	0,47
RO-5-jun	41,77	0,35	0,80
RO-6-jul	22,10	0,18	0,84
RO-7-ago	26,92	0,50	2,08
RO-8-sep	17,37	0,22	1,25
RO-9-oct	31,86	0,18	0,57
RO-10-nov	29,70	0,15	0,50
RO-11-dic	28,45	0,18	0,64
RO-12-ene	19,38	0,15	0,77
RO-13-feb	29,63	0,20	0,70

RO: Población silvestre.

1-13: meses de recolección.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

4.2.1.2 Población cultivada ROU

En la Tabla 4-8 se expresa, para el peso fresco, el volumen de aceite obtenido y el rendimiento, la media de los tres individuos recolectados.

Tabla 4-8: ROU. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO FRESCO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
ROU-1-feb	89,99	0,12	0,13
ROU-2-mar	99,26	0,12	0,12
ROU-3-abr	89,58	0,11	0,12
ROU-4-may	77,00	0,12	0,15
ROU-5-jun	66,43	0,10	0,14
ROU-6-jul	55,89	0,10	0,18
ROU-7-ago	86,06	0,18	0,22
ROU-8-sep	74,43	0,13	0,18
ROU-9-oct	100,28	0,20	0,20
ROU-10-nov	75,71	0,15	0,20
ROU-11-dic	50,89	0,08	0,16
ROU-12-ene	70,75	0,11	0,15
ROU-13-feb	52,50	0,08	0,16

ROU: Población cultivada.

1-13: meses de recolección.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

4.2.1.3 Población asilvestrada ROCF y ROCS

En la Tabla 4-9 para ROCF y la Tabla 4-10 para ROCS se expresa la media del peso fresco, el volumen de aceite obtenido y el rendimiento de los tres individuos recolectados.

Tabla 4-9: ROCF. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO FRESCO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
ROCF-1-ene	46,43	0,07	0,14
ROCF-2-feb	58,73	0,07	0,11
ROCF-3-mar	73,19	0,07	0,09
ROCF-4-abr	78,37	0,17	0,20
ROCF-5-may	86,48	0,12	0,13
ROCF-6-jun	55,17	0,12	0,21
ROCF-7-jul	66,15	0,12	0,18
ROCF-8-ago	69,73	0,13	0,19
ROCF-9-sep	36,83	0,05	0,14
ROCF-10-oct	79,88	0,12	0,14
ROCF-11-nov	55,82	0,07	0,13
ROCF-12-dic	61,84	0,10	0,16
ROCF-13-ene	54,32	0,07	0,12

ROCF: Población asilvestrada; muestras secas.

1-13: meses de recolección.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

Tabla 4-10: ROCS. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO FRESCO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
ROCS-1-feb	27,67	0,08	0,30
ROCS-2-mar	27,73	0,07	0,23
ROCS-3-abr	28,84	0,08	0,27
ROCS-4-may	37,68	0,12	0,31
ROCS-5-jun	40,54	0,15	0,35
ROCS-6-jul	26,03	0,08	0,32
ROCS-7-ago	39,83	0,10	0,24
ROCS-8-sep	39,65	0,15	0,37
ROCS-9-oct	21,98	0,05	0,23
ROCS-10-nov	46,35	0,13	0,29
ROCS-11-dic	27,80	0,07	0,24
ROCS-12-ene	25,57	0,07	0,25
ROCS-13-feb	22,65	0,07	0,29

ROCS: Población asilvestrada; muestras secas.

1-13: meses de recolección.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

4.2.2 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO QUIMIOSISTEMÁTICO DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR

4.2.2.1 Viaje al Sur I: *R. eriocalix*, *R. tomentosus* y *R. officinalis*

En la Tabla 4-11 se presentan los datos de peso seco, volumen de aceite obtenido y rendimiento para cada individuo recogido en las distintas poblaciones.

Tabla 4-11: Viaje al Sur I. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO SECO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
<i>R. eriocalix</i>			
Pob. ERI1			
MCM 46	33,87	0,51	1,51
MCM 47	41,59	0,50	1,20
MCM 48	49,00	1,15	2,35
Pob. ERI 2			
MCM 51	34,71	0,45	1,30
MCM 52	29,06	0,05	0,17
MCM 53	23,79	0,20	0,84
MCM 54	22,64	0,45	1,99
ERI RJB			
MCM 61	8,67	0,20	2,31
<i>R. tomentosus</i>			
Pob. TOM1			
MCM 56	30,62	0,05	0,16
MCM 57	17,96	0,10	0,56
MCM 58	28,01	0,05	0,18
TOM RJB			
MCM 62	2,33	0,05	2,15
<i>R. officinalis</i>			
Pob. OFF1			
MCM 59	32,05	0,30	0,94
Pob. OFF2			
MCM 50	29,05	0,51	1,76
MCM 55	35,07	0,45	1,28
OFF RJB			
MCM 60	11,76	0,25	2,13

Pob.: Población. RJB: Real Jardín Botánico-CSIC. ERI: *R. eriocalix*; TOM: *R. tomentosus*; OFF: *R. officinalis*.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

4.2.2.1 Viaje al Sur II: *R. eriocalix*, *R. tomentosus* y *R. officinalis*

En la Tabla 4-12 se presentan los datos de peso seco, volumen de aceite obtenido y rendimiento para cada individuo recogido en las distintas poblaciones.

Tabla 4-12: Viaje al Sur II. Rendimientos del aceite esencial.

MUESTRAS	PESO SECO (g.)	VOLUMEN ACEITE (mL.)	RTO.
<i>R. eriocalix</i>			
Pob. ERI1			
MCM 46-II	39,65	0,55	1,39
MCM 47-II	50,71	0,85	1,68
MCM 48-II	65,50	1,10	1,68
Pob. ERI 2			
MCM 51-II	32,88	0,10	0,30
MCM 52-II	33,30	0,05	0,15
MCM 53-II	39,25	0,50	1,27
MCM 54-II	26,77	0,75	2,80
ERI RJB			
MCM 61-II	19,00	0,30	1,58
<i>R. tomentosus</i>			
Pob. TOM1			
MCM 56-II	33,14	0,10	0,30
MCM 57-II	37,97	0,20	0,53
MCM 58-II	35,92	0,05	0,14
TOM RJB			
MCM 62-II	5,30	0,05	0,94
<i>R. officinalis</i>			
Pob. OFF1			
MCM 59-II	42,70	0,32	0,75
Pob. OFF2			
MCM 50-II	32,95	0,45	1,37
MCM 55-II	22,00	0,10	0,45
OFF RJB			
MCM 60-II	28,33	0,15	0,53

Pob.: Población. RJB: Real Jardín Botánico-CSIC. ERI: *R. eriocalix*; TOM: *R. tomentosus*; OFF: *R. officinalis*.

Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca.

4.3 ANÁLISIS CUALITATIVOS DEL ACEITE ESENCIAL

De los análisis realizados en las diferentes poblaciones, hemos obtenido para el género *Rosmarinus* los siguientes datos cualitativos:

Se encontraron un total de 173 componentes, de los que se identificaron 101 distribuidos en las siguientes categorías:

Monoterpenos (50); Sesquiterpenos (33); Diterpenos (9); Fenilpropanoides (2); Otros (7).

4.3.1 ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DEL ACEITE ESENCIAL DE *R. OFFICINALIS* EN LA PROVINCIA DE MADRID

Para los análisis de *R. officinalis* en la provincia de Madrid a lo largo de 13 meses se encontraron los siguientes datos cualitativos.

4.3.1.1 Población silvestre RO

Para la población silvestre –RO- se han encontrado un total de 113 componentes, de los cuales se identificaron 90 pertenecientes a las siguientes categorías:

Monoterpenos (45); Sesquiterpenos (31); Diterpenos (7); Fenilpropanoides (2); Otros (5).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en la población se pueden ver en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13: RO. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.

RO	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
TOTALES	45	39,82	31	27,43	7	6,19	2	1,77	5	4,42
M1 FEBRERO	36	45,57	20	25,32	3	3,80	2	2,53	4	5,06
M2 MARZO	36	52,94	17	25,00	2	2,94	2	2,94	3	4,41
M3 ABRIL	32	41,56	24	31,17	4	5,19	2	2,60	1	1,30
M4 MAYO	31	44,93	20	28,99	4	5,80	2	2,90	1	1,45
M5 JUNIO	40	47,62	24	28,57	4	4,76	2	2,38	2	2,38
M6 JULIO	30	42,86	20	28,57	4	5,71	2	2,86	1	1,43
M7 AGOSTO	34	68,00	10	20,00	2	4,00	1	2,00	1	2,00
M8 SEPTIEMBRE	37	68,52	13	24,07	0	0	1	1,85	1	1,85
M9 OCTUBRE	27	54,00	13	26,00	1	2,00	1	2,00	1	2,00
M10 NOVIEMBRE	27	56,25	13	27,08	1	2,08	1	2,08	2	4,17
M11 DICIEMBRE	43	57,33	21	28,00	0	0	2	2,67	5	6,67
M12 ENERO	24	64,86	9	24,32	1	2,70	1	2,70	1	2,70
M13 FEBRERO	31	53,45	16	27,59	0	0	1	1,72	2	3,45

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes.

4.3.1.2 Población cultivada ROU

Para la población cultivada, **ROU**, se han encontrado 109 componentes de los que se identificaron un total de 78 compuestos pertenecientes a las siguientes categorías:

Monoterpenos (41); Sesquiterpenos (24); Diterpenos (6); Fenilpropanoides (2); Otros (5).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en la población se pueden ver en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14: ROU. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.

ROU	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
TOTALES	41	37,61	24	22,02	6	5,50	2	1,83	5	4,59
M1 FEBRERO	30	53,57	15	26,79	3	5,36	1	1,79	1	1,79
M2 MARZO	34	46,58	18	24,66	4	5,48	2	2,74	2	2,74
M3 ABRIL	34	41,46	22	26,83	2	2,44	2	2,44	1	1,22
M4 MAYO	36	45,00	20	25,00	2	2,50	2	2,50	2	2,50
M5 JUNIO	33	39,29	22	26,19	5	5,95	2	2,38	2	2,38
M6 JULIO	33	47,14	19	27,14	2	2,86	2	2,86	1	1,43
M7 AGOSTO	31	56,36	16	29,09	0	0	1	1,82	2	3,64
M8 SEPTIEMBRE	36	48,65	18	24,32	1	1,35	2	2,70	3	4,05
M9 OCTUBRE	37	43,53	21	24,71	1	1,18	1	1,18	3	3,53
M10 NOVIEMBRE	33	50,00	18	27,27	0	0	1	1,52	3	4,55
M11 DICIEMBRE	33	61,11	15	27,78	0	0	1	1,85	0	0
M12 ENERO	33	49,25	18	26,87	0	0	1	1,49	4	5,97
M13 FEBRERO	30	58,82	15	29,41	0	0	1	1,96	1	1,96

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes.

4.3.1.3 Población asilvestrada ROCF y ROCS

Para la población asilvestrada, y según el procesado de las muestras posterior a la recolección, se encontraron 134 compuestos de los que se identificaron para ROCF (muestras congeladas) un total de 86 pertenecientes a las siguientes categorías:

Monoterpenos (42); Sesquiterpenos (31); Diterpenos (7); Fenilpropanoides (2); Otros (4).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en la población se pueden ver en la Tabla 4-15.

Tabla 4-15: ROCF. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.

ROCF	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
TOTALES	42	31,34	31	23,13	7	5,22	2	1,49	4	2,99
M1 FEBRERO	31	30,69	26	25,74	7	6,93	2	1,98	3	2,97
M2 MARZO	33	28,70	29	25,22	7	6,09	2	1,74	3	2,61
M3 ABRIL	33	35,11	27	28,72	5	5,32	2	2,13	1	1,06
M4 MAYO	32	39,51	23	28,40	4	4,94	2	2,47	3	3,70
M5 JUNIO	32	40,00	23	28,75	3	3,75	2	2,50	1	1,25
M6 JULIO	26	48,15	15	27,78	3	5,56	1	1,85	0	0
M7 AGOSTO	27	45,00	17	28,33	4	6,67	2	3,33	2	3,33
M8 SEPTIEMBRE	31	45,59	20	29,41	2	2,94	2	2,94	2	2,94
M9 OCTUBRE	24	55,81	12	27,91	1	2,33	1	2,33	1	2,33
M10 NOVIEMBRE	33	47,14	20	28,57	1	1,43	1	1,43	2	2,86
M11 DICIEMBRE	29	64,44	12	26,67	1	2,22	1	2,22	1	2,22
M12 ENERO	30	46,15	18	27,69	0	0	1	1,54	2	3,08
M13 FEBRERO	31	35,23	24	27,27	3	3,41	2	2,27	2	2,27

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes.

Para ROCS (muestras secadas al aire) se encontraron 136 componentes de los cuales se identificaron un total de 85 pertenecientes a las siguientes categorías:

Monoterpenos (39); Sesquiterpenos (30); Diterpenos (9); Fenilpropanoides (2); Otros (5).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en la población se pueden ver en la Tabla 4-16.

Tabla 4-16: ROCS. Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.

ROCS	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
TOTALES	39	28,68	30	22,06	9	6,62	2	1,47	5	3,68
M1 FEBRERO	36	39,13	25	27,17	4	4,35	2	2,17	1	1,09
M2 MARZO	32	35,16	26	28,57	4	4,40	2	2,20	2	2,20
M3 ABRIL	33	28,45	28	24,14	7	6,03	2	1,72	2	1,72
M4 MAYO	32	41,03	21	26,92	3	3,85	2	2,56	3	3,85
M5 JUNIO	32	39,02	22	26,83	1	1,22	2	2,44	2	2,44
M6 JULIO	28	65,12	10	23,26	0	0	1	2,33	1	2,33
M7 AGOSTO	31	39,24	23	29,11	4	5,06	1	1,27	2	2,53
M8 SEPTIEMBRE	30	47,62	16	25,40	2	3,17	1	1,59	3	4,76
M9 OCTUBRE	28	50,00	18	32,14	1	1,79	1	1,79	1	1,79
M10 NOVIEMBRE	31	58,49	12	22,64	1	1,89	1	1,89	2	3,77
M11 DICIEMBRE	31	39,24	20	25,32	4	5,06	2	2,53	2	2,53
M12 ENERO	33	48,53	18	26,47	0	0	1	1,47	2	2,94
M13 FEBRERO	32	40,00	21	26,25	2	2,50	1	1,25	2	2,50

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes.

4.3.2 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO QUIMIOSISTEMÁTICO DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR

En la recolección de muestras en el sur de la Península Ibérica se recolectaron las tres especies del género.

4.3.2.1 Viaje al Sur I. Junio de 2011.

❖ *Rosmarinus eriocalix*:

Se identificaron un total de 63 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (47); Sesquiterpenos (10); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (5).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico, se pueden ver en la Tabla 4-17.

❖ *Rosmarinus tomentosus*:

Se identificaron un total de 70 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (43); Sesquiterpenos (16); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (10).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico, se pueden ver en la Tabla 4-17.

❖ *Rosmarinus officinalis*:

Se identificaron un total de 64 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (45); Sesquiterpenos (11); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (7).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico, se pueden ver en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17: Sur I: Número de compuestos identificados y porcentaje relativo que representan.

SUR I	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
Totales	54	62,79	20	23,26	0	0	2	2,33	10	11,63
<i>R. eriocalix</i>	47	74,60	10	15,87	0	0	1	1,59	5	7,94
Pob ERI 1	43	76,79	7	12,50	0	0	1	1,79	5	8,93
Pob ERI 2	43	72,88	10	16,95	0	0	1	1,69	5	8,47
ERI RJB	37	75,51	8	16,33	0	0	0	0	4	8,16
<i>R. officinalis</i>	45	70,31	11	17,19	0	0	1	1,56	7	10,94
Pob OFF 1	36	67,92	11	20,75	0	0	1	1,89	5	9,43
Pob OFF 2	31	81,58	2	5,26	0	0	0	0,00	5	13,16
OFF RJB	34	87,18	2	5,13	0	0	0	0,00	3	7,69
<i>R. tomentosus</i>	43	61,43	16	22,86	0	0	1	1,43	10	14,29
Pob TOM 1	42	64,62	12	18,46	0	0	1	1,54	10	15,38
TOM RJB	24	55,81	12	27,91	0	0	0	0	7	16,28

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes. Pob: Población. ERI: *R. eriocalix*. RJB: Real Jardín Botánico. OFF: *R. officinalis*. TOM: *R. tomentosus*.

4.3.2.2 Viaje al Sur II. Septiembre de 2011.

❖ *Rosmarinus eriocalix*:

Se identificaron un total de 66 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (47); Sesquiterpenos (14); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (4).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico, se pueden ver en la Tabla 4-18.

❖ *Rosmarinus tomentosus*:

Se identificaron un total de 84 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (53); Sesquiterpenos (25); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (5).

❖ *Rosmarinus officinalis*:

Se identificaron un total de 68 compuestos que pertenecen a las siguientes categorías:

Monoterpenos (46); Sesquiterpenos (18); Diterpenos (0); Fenilpropanoides (1); Otros (3).

El número de compuestos identificados y el porcentaje relativo que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico, se pueden ver en la Tabla 4-18.

El número de compuestos identificados y el % que representan en las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el Real Jardín Botánico se pueden ver en la Tabla 4-18.

Tabla 4-18: Sur II: Número de compuestos identificados y % que representan.

SUR II	MT	%MT	SQT	%SQT	DT	%DT	FP	%FP	OTROS	%OTROS
Totales	53	63,10	25	29,76	0	0	1	1,19	5	5,95
<i>R. eriocalix</i>	47	71,21	14	21,21	0	0	1	1,52	4	6,06
Pob ERI 1	39	76,47	7	13,73	0	0	1	1,96	4	7,84
Pob ERI 2	47	73,44	13	20,31	0	0	1	1,56	3	4,69
ERI RJB	38	82,61	6	13,04	0	0	0	0	2	4,35
<i>R. officinalis</i>	46	67,65	18	26,47	0	0	1	1,47	3	4,41
Pob OFF 1	41	74,55	11	20,00	0	0	1	1,82	2	3,64
Pob OFF 2	40	78,43	8	15,69	0	0	1	1,96	2	3,92
OFF RJB	40	65,57	17	27,87	0	0	1	1,64	3	4,92
<i>R. tomentosus</i>	53	63,10	25	29,76	0	0	1	1,19	5	5,95
Pob TOM 1	50	79,37	9	14,29	0	0	1	1,59	3	4,76
TOM RJB	41	77,36	9	16,98	0	0	1	1,89	2	3,77

MT: Monoterpenos. SQT: Sesquiterpenos. DT: Diterpenos. FP: Fenilpropanoides. M: mes. Pob: Población. ERI: *R. eriocalix*. RJB: Real Jardín Botánico. OFF: *R. officinalis*. TOM: *R. tomentosus*.

4.4 ANÁLISIS CUANTITATIVOS DEL ACEITE ESENCIAL

4.4.1 ESTUDIO DE LA FENOLOGÍA DEL ACEITE ESENCIAL DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* EN LA PROVINCIA DE MADRID

Los resultados cuantitativos de los análisis de los aceites esenciales de las poblaciones de *R. officinalis*, recolectados para el estudio fenológico se detallan en la Tabla 4-19 a Tabla 4-26.

4.4.1.1 Población silvestre RO

Los resultados cuantitativos para la población RO aparecen en la Tabla 4-19 y Tabla 4-20. Los 45 **monoterpenos** identificados varían entre un 91,17% en M3 abril y un 98,25% en M11 diciembre. Los 31 **sesquiterpenos** entre un 1,42% en M11 diciembre y un 7,72% en M3 abril. Los 7 **diterpenos** identificados oscilan entre 0,05% en M12 enero y 0,89% en M2 marzo, no encontrándose ninguno en los meses de M8 septiembre, M11 diciembre y M13 febrero. Los 2 **fenilpropanoides** identificados varían entre 0,03% en M7 agosto y 0,15% en M3 abril y entre los 5 compuestos identificados de **otros** tipos químicos, las variaciones están entre 0,02% en los meses M9 octubre y M12 enero y 0,30% en M1 febrero.

Los monoterpenos más representativos son **α -pineno** (7,63% M1 febrero-13,64% M12 enero), **canfeno** (5,42% M1febrero-9,69% M11 diciembre), **β -mirceno** (26,92% M3 abril-35,53% M12 enero), **α -terpineno** (1,25% M5 junio-3,39% M10 noviembre), **p-cimeno** (0,95% M12 enero-2,20% M11 diciembre); **limoneno** (1,66% M3 abril-4,80% M4 mayo), **β -felandreno** (3,98% M5 junio-6,27% M11 diciembre), **1,8-cineol** (4,26% M8 septiembre-8,81% M2 marzo), **terpinoleno** (0,55% M11 diciembre-2,05% M6 julio), **alcanfor** (10,35%

M12 enero-18,05% M1 febrero), **borneol** (0,96% M5 junio; M12 enero-2,19% M3 abril), **verbenona** (0,01% M7 agosto-0,59 M1 febrero, sin presencia en M12 enero) y **acetato de bornilo** (0,52% M11 diciembre-1,77% M3 abril). Entre los sesquiterpenos, **(E)-cariofileno** (0,46% M11 diciembre-3,01% M3 abril), **α -humuleno** (0,18% M8 septiembre-0,54% M3 abril), **óxido de cariofileno** (0,08% M8 septiembre-1,21% M3 abril), **cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol** (0,07% en M4 mayo, M8 septiembre, M11 diciembre-0,17% M2 marzo) y **14-hidroxi-9-epi-Cariofileno** (0,14% M8 septiembre-0,67% M3 abril). En el resto de las categorías (diterpenos, fenilpropanoides y otros) ningún compuesto supera el 1%.

Tabla 4-19: RO. Compuestos del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	860	-	-	-	-	-	-
NI	886	-	-	-	-	-	0,03
Heptanal	902	0,05	-	-	-	-	-
α -Tuyeno	930	0,48	1,35	2,44	1,63	1,69	0,98
NI	932	-	-	-	-	-	-
α -Pinenos	939	7,63	12,09	11,70	11,78	11,73	10,97
Canfeno	954	5,42	7,32	8,19	7,93	7,17	6,80
1-Octen-3-ona	960	0,20	0,11	-	-	0,13	-
Sabineno	975	0,30	0,31	0,30	0,27	0,29	0,28
1-Octen-3-ol	979	-	-	-	-	-	-
β -Pinenos	979	4,32	3,74	2,93	3,26	3,27	1,62
β -Mirceno	991	28,05	26,93	26,92	30,98	33,54	32,62
α -Felandreno	1003	0,51	0,41	0,39	0,30	0,39	0,41
δ -3-Careno	1011	3,97	-	-	-	0,01	1,92
α -Terpineno	1017	2,10	2,07	2,05	1,86	1,25	2,01
p-Cimeno	1025	-	1,34	2,03	-	1,18	-
Limoneno	1029	2,66	1,78	1,66	4,80	4,67	3,16
β -Felandreno	1030	5,05	4,32	4,04	4,10	3,98	5,41
1,8-cineol	1031	7,04	8,81	8,24	4,81	4,67	5,01
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	0,30	-	-	0,12	-
(E)- β -Ocimeno	1050	-	-	-	-	0,01	-
γ -Terpineno	1060	1,04	1,12	1,23	1,44	1,82	2,46
cis-Sabineno hidrato	1070	-	-	0,06	0,12	0,05	0,15
Fenchona	1087	0,02	0,02	0,03	2,13	0,54	1,96
Terpinoleno	1089	1,01	0,98	1,11	1,86	1,45	2,05

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
Linalool	1097	2,38	1,08	0,89	-	1,69	-
<i>endo</i> -Fenchol	1117	0,05	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02
α -Canfolenal	1126	0,02	0,02	-	0,01	0,02	0,02
NI	1138	0,003	-	0,01	0,02	0,03	0,03
<i>trans</i> -Verbenol	1145	0,27	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06
Alcanfor	1146	18,05	14,88	10,75	12,84	12,84	14,21
Isopulegol	1150	0,02	0,09	-	0,09	0,06	-
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,15	0,12	0,06	-	0,01	0,18
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	0,10	0,06	0,05	0,23	0,07	0,05
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	0,07	-	-	0,53	0,04	-
Pinocarvona	1165	-	-	-	-	0,03	-
Borneol	1169	1,76	1,95	2,19	1,84	0,96	1,14
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	-	-	-	-	0,06	-
Terpinen-4-ol	1177	1,02	0,87	0,82	0,77	0,72	0,77
α -Terpineol	1189	0,98	0,54	0,58	0,60	0,56	0,72
NI	1203	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03	0,05
Verbenona	1205	0,59	0,35	0,35	0,26	0,25	0,31
<i>trans</i> -Piperitol	1208	-	0,01	-	-	0,01	-
Citronelol	1226	0,08	0,03	0,02	0,04	0,09	-
Pulegona	1237	0,10	0,04	0,06	-	0,02	0,09
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	0,05	-	-
Formiato de isobornilo	1239	0,03	0,01	-	-	-	-
Geraniol	1253	0,02	-	-	-	0,02	-
Piperitona	1253	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	0,04	0,02	-	0,02	-	0,02
Acetato de bornilo	1289	0,55	0,97	1,77	1,24	1,08	1,26

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
Timol	1290	-	-	0,06	-	-	-
NI	1296	0,07	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	0,08	0,01	0,07	-	-	-
Tridecano	1300	0,02	0,07	-	-	-	-
NI	1336	0,01	-	0,02	-	-	-
Eugenol	1359	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01
(Z)- β -Damascenona	1364	-	-	-	-	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	-	-	0,005	-
(Z)-Jasmona	1393	0,03	0,03	0,08	0,05	0,03	0,03
Metil eugenol	1404	0,08	0,06	0,12	0,07	0,05	0,06
Longifoleno	1408	-	-	0,02	0,02	0,02	-
α -Cedreno	1412	-	-	-	-	0,01	-
NI	1413	-	-	-	-	-	0,07
(E)-Cariofileno	1419	1,43	1,58	3,01	1,56	1,28	1,10
NI	1444	0,01	0,03	0,05	0,03	0,02	0,04
NI	1451	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01
α -Humuleno	1455	0,24	0,26	0,54	0,27	0,24	0,28
(E)- β -Farneseno	1457	-	-	0,01	-	-	-
NI	1461	-	0,33	0,02	0,01	-	0,01
γ -Muuroleno	1480	0,11	0,15	0,25	0,13	0,12	0,10
Germacreno-D	1485	0,03	-	0,10	0,08	0,01	0,03
α -Muuroleno	1500	-	-	0,01	-	-	0,02
NI	1504	0,02	0,05	0,09	0,03	0,01	0,02
NI	1505	-	-	-	0,03	0,03	0,02
β -Bisaboleno	1506	0,04	0,07	0,14	0,05	0,06	0,05
NI	1510	0,05	-	0,10	0,09	0,01	0,07

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
γ -Cadineno	1514	0,02	0,04	0,11	0,04	0,05	0,04
δ -Cadineno	1523	0,11	0,16	0,39	0,17	0,13	0,14
α -Calacoreno	1546	0,00	-	0,02	0,01	0,01	0,02
NI	1549	0,03	-	0,04	0,04	0,01	0,02
NI	1560	-	-	0,04	-	0,01	-
(E)-Nerolidol	1563	0,04	-	-	0,01	-	0,01
NI	1581	0,01	-	0,09	0,02	-	-
NI	1582	0,04	0,02	0,06	0,02	0,010	0,02
Óxido de cariofileno	1583	0,18	0,60	1,21	0,51	0,34	0,22
Widrol	1599	0,07	0,10	-	-	-	-
Guayol	1601	0,01	0,04	0,04	0,17	0,03	0,02
NI	1605	-	-	0,08	-	-	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,02	0,02	0,04	0,02	0,004	0,02
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,07	0,08	0,17	0,05	0,03	0,04
NI	1633	0,01	0,01	0,13	-	0,01	-
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,03	0,04	0,37	0,02	0,02	0,08
NI	1638	-	-	-	-	0,01	-
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,11	0,17	0,11	0,07	0,13	0,06
α -Muurolol	1646	-	-	0,02	0,01	0,01	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	0,32	0,37	0,67	0,19	0,18	0,19
epi- β -Bisabolol	1672	0,11	0,11	0,02	0,02	0,13	0,02
epi- α -Bisabolol	1685	0,14	0,21	0,36	0,04	0,07	0,04
α -Bisabolol	1686	0,01	0,03	0,05	0,03	0,01	0,03
Acetato de guayilo	1727	0,01	-	0,02	-	-	-
14-oxi- α -Muuroleno	1769	-	-	0,04	-	-	-
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	-	-	-	-	0,003	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
β-Bisabolenol	1790	-	-	-	-	0,004	-
NI	1856	0,03	-	-	-	-	-
Fitol	1943	-	-	0,02	0,01	0,01	-
13- <i>epi</i> - Manool	1965	-	-	0,02	-	-	-
NI	2011	-	0,24	-	-	-	0,07
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	0,03	-	-	0,08	0,05	-
Manool	2057	-	-	0,02	0,01	-	0,01
Abietadieno	2088	0,10	0,74	-	-	0,12	0,13
Incensol	2159	-	-	-	-	-	0,12
Acetato de incensilo	2184	0,05	0,15	0,02	0,07	0,05	0,01
TOTAL		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		96,00	94,06	91,17	95,91	96,49	96,66
SESQUITERPENOS TOTALES		3,08	4,02	7,72	3,45	2,89	2,50
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,09	0,07	0,15	0,09	0,06	0,07
DITERPENOS TOTALES		0,19	0,89	0,08	0,17	0,22	0,27
OTROS		0,30	0,21	0,08	0,05	0,16	0,03
NI		0,34	0,75	0,81	0,33	0,19	0,46

IK: Índice de Kovats; M: mes

Tabla 4-20: RO. Compuestos del aceite esencial (cont.).

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	860	-	-	-	-	-	-	-
NI	886	-	-	-	-	-	-	-
Heptanal	902	-	0,03	-	0,07	0,03	-	-
α -Tuyeno	930	1,10	0,95	1,23	1,18	1,65	1,54	1,13
NI	932	0,19	0,18	0,07	0,15	0,12	0,10	0,20
α -Pino	939	12,10	12,83	13,32	12,46	11,67	13,64	11,76
Canfeno	954	6,81	7,66	7,91	7,58	9,65	8,61	7,32
1-Octen-3-ona	960	0,05	-	-	-	0,07	-	0,05
Sabineno	975	1,89	0,22	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
1-Octen-3-ol	979	-	-	-	-	0,01	-	-
β -Pino	979	1,59	1,49	1,94	1,76	1,48	3,23	4,51
β -Mirceno	991	32,55	33,49	32,99	34,87	28,23	35,53	30,68
α -Felandreno	1003	0,47	0,51	0,44	0,47	0,40	0,38	0,34
δ -3-Careno	1011	1,16	0,84	0,92	0,85	0,83	0,85	0,84
α -Terpineno	1017	2,21	2,44	2,84	3,39	2,19	2,90	2,93
p-Cimeno	1025	1,15	2,04	-	-	2,20	0,95	-
Limoneno	1029	3,00	3,46	3,57	3,61	3,74	3,24	3,01
β -Felandreno	1030	5,13	5,69	5,87	5,94	6,27	5,43	5,05
1,8-cineol	1031	4,76	4,26	4,40	4,45	6,28	5,44	5,06
(Z)- β -Ocimeno	1037	0,06	0,10	0,04	0,12	0,05	0,03	0,04
(E)- β -Ocimeno	1050	-	0,05	2,00	-	0,01	-	-
γ -Terpineno	1060	2,29	1,81	1,54	1,69	1,57	1,58	1,27
cis-Sabineno hidrato	1070	-	-	-	-	0,01	-	-
Fenchona	1087	1,52	0,88	0,79	1,14	0,64	0,48	0,96
Terpinoleno	1089	0,72	0,81	1,60	1,24	0,55	0,56	0,99

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Linalool	1097	1,62	1,89	-	-	1,98	0,54	-
<i>endo</i> -Fenchol	1117	-	0,01	0,01	-	0,02	0,02	0,04
α -Canfolenal	1126	-	-	-	-	0,01	-	-
NI	1138	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	0,01	0,04	0,17	0,19	0,09	-	0,09
Alcanfor	1146	13,84	13,35	12,36	11,89	14,69	10,35	13,06
Isopulegol	1150	0,11	0,15	-	-	0,12	-	0,08
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,05	0,04	0,06	0,10	0,09	-	0,02
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	0,02	0,04	0,07	0,10	0,03	0,05	1,80
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	0,02	0,07	-	-	0,04	-	0,10
Pinocarvona	1165	0,02	0,07	-	-	0,07	-	-
Borneol	1169	1,33	1,06	1,04	1,23	1,22	0,96	1,38
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	-	-	-	-	0,21	-	0,25
Terpinen-4-ol	1177	0,86	0,60	0,59	0,73	0,87	0,24	0,56
α -Terpineol	1189	0,45	0,38	0,36	0,51	0,47	-	0,50
NI	1203	-	0,07	0,05	0,08	0,03	-	0,48
Verbenona	1205	0,01	0,20	0,27	0,21	0,14	-	0,15
<i>trans</i> -Piperitol	1208	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-
Citronelol	1226	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-
Pulegona	1237	0,01	0,03	-	0,03	0,04	-	0,06
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	-	-	-	-
Formiato de isobornilo	1239	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-
Geraniol	1253	-	-	-	-	0,01	-	-
Piperitona	1253	-	0,06	-	0,06	0,03	-	0,07
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	-	-	-	-	0,01	-	-
Acetato de bornilo	1289	0,88	0,63	0,56	0,62	0,52	0,66	0,58

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Timol	1290	-	-	-	-	-	-	-
NI	1296	-	-	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	-	-	-	-	0,01	-	-
Tridecano	1300	-	-	-	-	0,01	-	-
NI	1336	-	-	-	-	-	-	-
Eugenol	1359	-	-	-	-	0,01	-	-
(Z)- β -Damascenona	1364	-	-	-	-	0,01	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	-	-	-	-	-
(Z)-Jasmona	1393	-	-	0,02	0,03	0,01	0,02	0,05
Metil eugenol	1404	0,03	0,04	0,06	0,07	0,03	0,09	0,07
Longifoleno	1408	-	-	-	-	0,01	-	-
α -Cedreno	1412	-	-	-	-	-	-	0,55
NI	1413	-	-	-	-	-	-	0,02
(E)-Cariofileno	1419	0,84	0,66	1,07	1,44	0,40	1,23	1,05
NI	1444	-	-	-	-	-	-	-
NI	1451	-	-	0,01	-	0,01	-	0,01
α -Humuleno	1455	0,19	0,18	0,23	0,25	0,28	0,21	0,29
(E)- β -Farneseno	1457	-	0,05	-	-	-	-	-
NI	1461	-	-	-	-	-	-	-
γ -Muuroleno	1480	0,08	0,08	0,09	0,12	0,05	0,10	0,11
Germacreno-D	1485	-	0,02	-	-	-	-	-
α -Muuroleno	1500	-	-	-	-	-	-	-
NI	1504	-	-	0,04	-	-	-	-
NI	1505	-	-	-	-	-	-	-
β -Bisaboleno	1506	-	0,03	0,04	0,05	0,02	0,12	0,04
NI	1510	-	-	-	0,07	-	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
γ -Cadineno	1514	0,03	0,03	0,03	0,06	0,02	0,05	0,05
δ -Cadineno	1523	0,10	0,08	0,11	0,16	0,07	0,12	0,20
α -Calacoreno	1546	-	-	-	-	0,01	-	-
NI	1549	-	-	-	-	-	-	-
NI	1560	-	-	-	-	-	-	-
(<i>E</i>)-Nerolidol	1563	-	-	-	-	0,01	-	-
NI	1581	-	-	0,02	-	-	-	0,25
NI	1582	-	-	0,02	0,01	-	-	0,03
Óxido de cariofileno	1583	0,09	0,08	0,09	0,23	0,13	0,24	0,15
Widrol	1599	-	-	-	0,04	0,01	-	-
Guayol	1601	-	-	0,42	-	0,01	-	0,43
NI	1605	-	-	-	-	-	-	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	-	-	-	-	0,01	-	0,10
(<i>Z</i>)-Bisabol-11-ol	1619	0,03	-	0,04	0,03	0,05	-	0,05
NI	1633	-	-	0,01	-	0,02	-	0,02
<i>cis</i> -Cadin-4-en-7-ol	1637	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	-	0,10
NI	1638	-	-	-	-	-	-	0,08
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,09	0,07	0,08	0,09	0,07	0,12	0,13
α -Muurolol	1646	-	0,07	-	-	0,01	-	0,49
14-hidroxi-9- <i>epi</i> -Cariofileno	1670	0,19	0,14	0,27	0,31	0,16	0,19	0,22
<i>epi</i> - β -Bisabolol	1672	-	-	0,05	-	-	-	-
<i>epi</i> - α -Bisabolol	1685	-	-	-	-	0,01	-	-
α -Bisabolol	1686	-	-	-	0,02	0,01	-	0,03
Acetato de guayilo	1727	-	-	-	-	-	-	-
14-oxi- α -Muuroleno	1769	-	-	-	-	-	-	-
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	-	-	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
β-Bisabolenol	1790	-	-	-	-	-	-	-
NI	1856	-	-	-	-	-	-	-
Fitol	1943	-	-	-	-	-	-	-
13- <i>epi</i> - Manool	1965	-	-	-	-	-	-	-
NI	2011	0,06	-	-	-	-	-	-
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	-	-	-	-	-	-	-
Manool	2057	-	-	-	-	-	-	-
Abietadieno	2088	0,14	-	-	-	-	-	-
Incensol	2159	-	-	0,09	0,09	-	-	-
Acetato de incensilo	2184	0,12	-	-	-	-	0,05	-
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		97,75	98,18	97,06	96,59	98,25	97,35	94,76
SESQUITERPENOS TOTALES		1,66	1,51	2,56	2,84	1,42	2,39	3,98
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,03	0,04	0,06	0,07	0,04	0,09	0,07
DITERPENOS TOTALES		0,26	0,00	0,09	0,09	0,00	0,05	0,00
OTROS		0,05	0,03	0,02	0,09	0,12	0,02	0,10
NI		0,25	0,25	0,21	0,32	0,18	0,10	1,09

IK: Índice de Kovats; M: mes

4.4.1.2 Población cultivada ROU

Los resultados cuantitativos para la población ROU aparecen en la Tabla 4-21 y Tabla 4-22. Los 41 **monoterpenos** identificados varían entre un 89,62% en M5 junio y un 96,79% en M1 febrero. Los 24 **sesquiterpenos**, entre un 2,22% en M8 septiembre y un 7,74% en M5 junio. Los 6 **diterpenos** identificados oscilan entre 0,04% en M8 septiembre y 1,09% en M2 marzo, no encontrándose presencia en los meses M7 agosto, M10 noviembre, M11 diciembre, M12 enero y M13 febrero. Los 2 **fenilpropanoides** identificados varían entre 0,07% en M1 febrero y 0,32% en M5 junio; entre los 5 compuestos identificados de **otros** tipos químicos, las variaciones están entre 0,05% en M6 julio y 0,84% en M12 enero.

Los monoterpenos más representativos son **α -pineno** (12,77% M2 marzo-28,71% M13 febrero), **canfeno** (4,04% M2 marzo-9,83% M13 febrero), **β -mirceno** (1,30% M9 octubre-3,91% M2 marzo), **α -terpineno** (1,72% M7 agosto-4,11% M11 diciembre), **p-cimeno** (1,55% M7 agosto-3,79% M11 diciembre), **limoneno** (3,73% M7 agosto-5,74% M1 febrero), **β -felandreno** (3,00% M7 agosto-4,61% M1 febrero), **1,8-cineol** (3,90% M7 agosto-6,01% M1 febrero), **terpinoleno** (1,85% M13 febrero-4,59% M5 junio), **alcanfor** (6,92% M13 febrero-11,64% M1 febrero), **borneol** (7,40% M13 febrero-15,39% M7 agosto), **verbenona** (3,20% M13 febrero-15,15% M7 agosto) y **acetato de bornilo** (0,16% M12 enero-3,83% M3 abril). Entre los sesquiterpenos, **(E)-cariofileno** (0,31% M1 febrero-2,36% M5 junio), **α -humuleno** (0,06% M1 febrero-0,44% M5 junio), **óxido de cariofileno** (0,14% M8 septiembre-1,85% M2 marzo), **cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol** (0,11% M8 septiembre-0,74% M5 junio) y **14-hidroxi-9-epi-cariofileno** (0,27% M4 mayo-1,50% M13 febrero). En el resto de las categorías (diterpenos, fenilpropanoides y otros) ningún compuesto supera el 1%.

Tabla 4-21: ROU: Composición del aceite esencial

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	860	-	-	-	-	-	-
NI	886	-	-	-	-	0,09	0,09
Heptanal	902	-	0,07	-	0,07	-	-
α -Tuyeno	930	0,13	0,15	0,15	0,24	0,24	0,17
NI	932	-	-	-	-	-	-
α -Pino	939	19,09	12,77	15,47	22,98	19,60	22,00
Canfeno	954	6,17	4,04	5,48	6,80	6,07	6,98
1-Octen-3-ona	960	-	-	-	-	-	-
Sabineno	975	0,65	0,59	0,51	0,48	0,37	0,50
NI	978	-	-	-	-	0,09	-
β -Pino	979	0,76	0,76	0,64	0,70	0,60	0,56
β -Mirceno	991	2,08	3,91	3,25	3,58	3,08	2,85
3-Octanol	993	-	-	-	-	-	-
α -Felandreno	1003	0,28	0,37	0,37	0,49	0,43	0,45
δ -3-Careno	1011	2,63	1,69	2,64	3,31	2,82	3,45
α -Terpineno	1017	2,89	2,46	2,81	2,64	2,73	3,11
p-Cimeno	1025	2,84	3,43	2,28	1,81	2,48	2,27
Limoneno	1029	5,74	4,95	4,68	4,63	4,45	4,82
β -Felandreno	1030	4,61	3,97	3,76	3,71	3,57	3,87
1,8-cineol	1031	6,01	5,18	4,90	4,84	4,66	5,04
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	0,60	-	-	-	-
γ -Terpineno	1060	0,19	0,47	0,34	0,48	0,55	0,46
cis-Sabineno hidrato	1070	0,05	-	0,04	0,03	-	-
Fenchona	1087	0,07	0,07	0,04	0,21	0,05	0,20
Terpinoleno	1089	4,25	4,46	4,12	4,16	4,59	4,22

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
Linalool	1097	-	-	-	-	-	-
<i>endo</i> -Fenchol	1117	0,41	0,59	0,51	0,32	0,35	0,31
NI	1120	-	-	-	-	-	-
α -Canfolenal	1126	-	-	0,12	0,11	-	0,14
NI	1138	-	-	-	-	-	-
<i>neo-allo</i> -Ocimeno	1144	-	0,42	-	-	0,59	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	-	-	-	-	-	-
Alcanfor	1146	11,64	10,14	9,91	8,91	8,53	9,48
<i>neo</i> -Isopulegol	1148	-	-	-	0,57	-	-
Isopulegol	1150	1,20	0,81	0,60	0,92	0,86	0,51
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,98	1,10	0,92	0,55	0,75	0,67
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	-	-	-	-	-	-
Borneol	1169	10,95	13,13	12,55	9,54	10,10	10,60
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	0,42	0,61	0,62	0,60	0,59	0,54
Terpinen-4-ol	1177	0,90	1,13	0,90	0,85	0,87	0,84
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	-	-	-	0,81	-	-
α -Terpineol	1189	0,73	0,39	0,62	0,54	0,32	0,33
Verbenona	1205	8,94	6,81	6,48	5,40	5,61	5,77
Citronelol	1226	0,07	0,12	0,14	0,08	0,09	0,10
NI	1228	-	0,02	-	0,01	0,16	-
Pulegona	1237	0,71	1,06	1,06	0,57	0,73	0,87
Formiato de isobornilo	1239	-	0,89	0,86	0,54	-	0,58
Geraniol	1253	-	0,01	0,10	0,19	0,05	0,02
Piperitona	1253	1,21	1,66	1,52	0,97	1,27	0,90
NI	1265	0,04	0,04	0,12	0,07	0,10	0,06
Acetato de bornilo	1289	0,21	1,28	3,83	2,54	2,42	0,83

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	1296	-	-	0,07	-	-	-
Carvacrol	1299	-	0,35	0,06	0,04	0,10	0,13
Tridecano	1300	-	-	-	-	0,03	-
NI	1301	-	-	0,03	0,01	-	-
NI	1323	-	-	0,04	0,03	0,09	-
NI	1336	-	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
Eugenol	1359	-	0,07	0,10	0,10	0,14	0,06
NI	1367	0,07	0,09	0,18	0,10	0,27	0,08
Ciclosativeno	1371	-	0,08	0,30	0,14	0,11	0,09
NI	1383	-	-	0,02	0,01	0,02	-
(Z)-Jasmona	1393	0,07	0,07	0,09	0,03	0,04	0,05
Metil eugenol	1404	0,07	0,19	0,09	0,10	0,18	0,20
Longifoleno	1408	-	-	0,08	-	0,08	-
(E)-Cariofileno	1419	0,31	1,05	1,51	1,65	2,36	1,80
NI	1421	-	-	0,02	0,03	0,02	-
NI	1444	-	-	0,02	0,02	0,03	-
NI	1451	-	-	0,05	-	0,10	-
NI	1454	0,07	0,10	0,05	0,05	0,08	0,09
α -Humuleno	1455	0,06	0,22	0,28	0,26	0,44	0,31
NI	1461	-	-	-	-	-	-
γ -Muuroleno	1480	0,06	0,21	0,14	0,12	0,24	0,20
α -Muuroleno	1500	-	0,08	0,02	0,02	-	0,10
NI	1504	-	0,07	0,03	0,04	0,11	0,04
β -Bisaboleno	1506	0,04	0,15	0,09	0,08	0,20	0,12
NI	1510	-	0,08	0,05	0,06	0,14	0,08
γ -Cadineno	1514	0,04	0,15	0,09	0,08	0,16	0,13

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
δ-Cadineno	1523	0,10	0,37	0,26	0,22	0,43	0,34
α-Calacoreno	1546	-	-	0,02	0,01	0,04	0,03
NI	1549	-	0,05	0,03	0,02	0,07	0,03
NI	1560	0,04	0,07	0,04	0,02	0,07	0,05
(E)-Nerolidol	1563	-	-	0,01	-	0,02	-
NI	1581	0,03	0,03	0,02	-	0,10	0,03
NI	1582	-	0,05	0,03	0,01	0,03	-
Óxido de cariofileno	1583	0,61	1,85	1,46	0,52	0,94	0,62
Widrol	1599	-	-	-	0,05	-	-
Guayol	1601	0,04	0,10	0,07	0,03	0,07	0,04
NI	1605	-	-	-	-	-	0,01
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,04	0,05	0,04	0,01	0,04	0,03
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,14	0,34	0,24	0,08	0,27	0,09
NI	1624	-	-	0,04	0,01	0,03	-
NI	1633	0,03	0,04	0,03	0,01	-	0,02
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,15	0,23	0,12	0,05	0,08	0,14
NI	1638	-	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6-α-ol	1641	0,22	0,63	0,50	0,17	0,74	0,44
α-Muurolol	1646	-	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02
114-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	0,48	1,15	0,67	0,27	0,76	0,57
epi-α-Bisabolol	1685	0,08	0,12	0,15	0,04	0,27	0,09
α-Bisabolol	1686	0,15	0,51	0,22	0,09	0,34	0,20
14-hidroxi-α-Muuroleno	1780	-	-	-	-	0,03	-
β-Bisabolenol	1790	-	-	0,02	-	0,09	-
NI	1856	-	-	0,02	-	0,01	-
Fitol	1943	-	-	0,14	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	0,03	0,32	-	-	0,04	-
Manool	2057	-	-	-	-	0,01	-
Abietadieno	2088	0,21	0,52	-	0,06	0,56	-
Acetato de incensilo	2184	0,04	0,24	0,01	0,03	0,05	0,04
7- α -hidroxi-Manool	2238	-	0,01	-	-	0,02	0,02
NI	2258	-	-	-	-	-	-
TOTAL		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		96,79	90,36	92,27	95,13	89,62	93,58
SESQUITERPENOS TOTALES		2,51	7,38	6,33	3,94	7,74	5,37
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,07	0,25	0,19	0,20	0,32	0,26
DITERPENOS TOTALES		0,28	1,09	0,16	0,09	0,67	0,06
OTROS		0,07	0,13	0,09	0,10	0,07	0,05
NI		0,28	0,78	0,97	0,54	1,58	0,67

IK: Índice de Kovats; M: mes

Tabla 4-22: ROU. Composición del aceite esencial (cont.).

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	860	-	-	0,01	-	-	-	-
NI	886	-	-	0,04	-	-	-	-
Heptanal	902	0,03	0,08	0,02	0,04	-	0,02	-
α -Tuyeno	930	0,25	0,27	0,25	0,30	0,40	0,35	0,41
NI	932	0,01	0,01	0,01	0,01	0,23	0,02	-
α -Pino	939	13,83	22,75	18,61	22,04	23,85	24,68	28,71
Canfeno	954	4,07	7,16	5,77	6,79	8,22	8,05	9,83
1-Octen-3-ona	960	-	0,66	-	0,51	-	0,45	0,10
Sabineno	975	0,11	0,19	0,46	0,28	0,24	0,24	0,29
NI	978	-	-	0,10	-	-	-	-
β -Pino	979	0,31	0,43	0,78	0,35	0,82	0,65	0,61
β -Mirceno	991	1,35	2,21	1,30	1,81	2,22	1,34	1,67
3-Octanol	993	-	-	0,02	-	-	0,31	-
α -Felandreno	1003	0,26	0,35	0,22	0,23	0,20	0,15	0,11
δ -3-Careno	1011	2,73	3,60	2,55	3,29	3,81	3,49	3,78
α -Terpineno	1017	1,72	3,04	2,91	3,04	4,11	3,51	3,91
p-Cimeno	1025	1,55	2,31	2,44	2,46	3,79	3,11	3,18
Limoneno	1029	3,73	5,21	4,58	4,77	4,80	4,69	4,67
β -Felandreno	1030	3,00	4,18	3,67	3,83	3,85	3,76	3,74
1,8-cineol	1031	3,90	5,45	4,79	4,99	5,02	4,90	4,88
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	-	0,01	-	-	-	-
γ -Terpineno	1060	0,19	0,19	0,11	0,06	0,11	0,10	-
cis-Sabineno hidrato	1070	-	0,01	0,02	-	-	-	-
Fenchona	1087	0,14	0,04	0,06	0,05	0,13	0,05	0,05
Terpinoleno	1089	3,18	4,08	4,10	3,61	2,40	2,62	1,85

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Linalool	1097	-	-	-	-	0,96	0,83	-
<i>endo</i> -Fenchol	1117	0,35	0,44	0,77	0,56	0,70	0,84	0,85
NI	1120	-	0,11	0,50	0,62	-	0,80	-
α -Canfolenal	1126	-	0,13	0,15	-	0,28	0,34	0,18
NI	1138	-	-	0,01	-	-	-	-
<i>neo-allo</i> -Ocimeno	1144	0,21	0,16	0,39	-	-	-	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	-	-	0,10	0,11	0,06	-	0,05
Alcanfor	1146	10,90	9,57	11,01	10,35	7,48	8,38	6,92
<i>neo</i> -Isopulegol	1148	-	0,89	-	-	0,76	-	-
Isopulegol	1150	0,66	1,10	1,17	1,40	-	1,05	0,83
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,93	1,12	1,28	1,19	0,93	1,07	0,95
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	0,26	0,12	-	0,13	0,12	-	0,32
Borneol	1169	15,39	9,98	12,57	11,12	9,49	9,64	7,40
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	0,62	0,42	0,90	0,47	0,87	3,21	1,77
Terpinen-4-ol	1177	1,40	0,77	1,19	0,94	0,53	0,53	0,45
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	-	-	-	-	-	-	-
α -Terpineol	1189	0,60	0,60	0,32	0,68	0,37	0,53	0,59
Verbenona	1205	15,15	6,82	8,44	7,12	4,14	4,57	3,20
Citronelol	1226	-	0,12	0,11	0,08	-	0,03	-
NI	1228	-	-	0,04	-	-	-	-
Pulegona	1237	1,64	0,78	1,03	0,96	0,77	0,78	0,62
Formiato de isobornilo	1239	1,84	0,66	0,41	0,83	0,59	0,78	-
Geraniol	1253	-	0,05	0,07	0,05	-	0,05	-
Piperitona	1253	1,38	0,60	1,71	0,81	1,19	0,58	0,81
NI	1265	-	0,16	0,17	0,03	-	0,05	-
Acetato de bornilo	1289	0,36	0,40	0,28	0,22	0,42	0,16	0,28

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	1296	-	-	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	-	-	0,05	-	-	-	-
Tridecano	1300	-	-	-	-	-	-	-
NI	1301	-	-	0,02	-	-	-	-
NI	1323	-	-	0,03	-	-	-	-
NI	1336	-	-	-	-	-	-	-
Eugenol	1359	-	0,01	-	-	-	-	-
NI	1367	-	0,02	0,02	-	-	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	0,05	-	-	-	-
NI	1383	-	-	0,03	-	-	-	-
(Z)-Jasmona	1393	0,03	0,06	0,07	0,04	-	0,06	-
Metil eugenol	1404	0,24	0,09	0,11	0,15	0,16	0,11	0,15
Longifoleno	1408	-	-	-	-	-	-	-
(E)-Cariofileno	1419	1,62	0,56	0,58	0,68	0,65	0,33	0,57
NI	1421	-	-	-	-	-	-	-
NI	1444	-	-	-	-	-	-	-
NI	1451	-	-	-	-	-	-	-
NI	1454	0,08	0,05	0,09	0,09	-	0,02	-
α -Humuleno	1455	0,33	0,09	0,13	0,10	0,12	0,13	0,11
NI	1461	-	-	-	-	-	0,05	-
γ -Muuroleno	1480	0,22	0,08	0,10	0,12	0,12	0,07	0,15
α -Muuroleno	1500	-	0,02	0,03	0,04	-	0,04	-
NI	1504	-	0,02	0,03	0,06	-	-	-
β -Bisaboleno	1506	0,13	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,09
NI	1510	0,21	0,05	0,04	0,05	0,06	0,04	-
γ -Cadineno	1514	0,18	0,08	0,06	0,07	0,10	0,07	0,08

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
δ-Cadineno	1523	0,34	0,13	0,19	0,19	0,27	0,15	0,25
α-Calacoreno	1546	-	0,01	0,01	-	-	-	-
NI	1549	-	0,03	0,02	0,02	-	0,02	-
NI	1560	-	0,03	0,05	0,05	0,09	0,04	0,09
(E)-Nerolidol	1563	-	-	0,02	-	-	-	-
NI	1581	-	0,02	0,03	0,02	0,06	0,02	-
NI	1582	0,08	0,03	0,03	-	-	-	-
Óxido de cariofileno	1583	0,71	0,14	0,42	0,29	0,78	0,44	0,96
Widrol	1599	-	0,08	0,15	0,10	0,32	0,14	0,36
Guayol	1601	0,13	-	0,05	0,04	0,07	0,06	0,41
NI	1605	-	-	-	-	-	-	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,10	0,08	0,04	0,03	0,07	0,04	0,08
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,22	0,01	0,14	0,11	0,21	0,15	0,31
NI	1624	-	0,01	0,01	-	-	-	-
NI	1633	-	0,04	0,02	0,02	0,08	0,02	0,13
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,36	0,23	0,26	0,30	0,37	0,15	0,47
NI	1638	0,12	0,08	0,18	0,19	-	0,05	-
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6-α-ol	1641	0,69	0,11	0,26	0,15	0,67	0,22	0,92
α-Muurolol	1646	0,11	0,03	0,03	0,03	-	0,04	-
114-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	1,04	0,32	0,76	0,60	1,12	0,49	1,50
epi-α-Bisabolol	1685	0,31	0,08	0,06	0,07	0,10	0,05	-
α-Bisabolol	1686	0,70	0,12	0,27	0,21	0,62	0,26	0,34
14-hidroxi-α-Muuroleno	1780	-	-	-	-	-	-	-
β-Bisabolenol	1790	-	-	-	-	-	-	-
NI	1856	-	-	-	-	-	-	-
Fitol	1943	-	-	-	-	-	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	-	-	-	-	-	-	-
Manool	2057	-	-	-	-	-	-	-
Abietadieno	2088	-	0,04	0,08	-	-	-	-
Acetato de incensilo	2184	-	-	-	-	-	-	-
7- α -hidroxi-Manool	2238	-	-	-	-	-	-	-
NI	2258	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		92,01	96,19	94,57	94,90	93,64	95,04	92,93
SESQUITERPENOS TOTALES		7,18	2,22	3,67	3,20	5,68	2,89	6,60
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,24	0,10	0,11	0,15	0,16	0,11	0,15
DITERPENOS TOTALES		0,00	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS		0,06	0,80	0,10	0,59	0,00	0,84	0,10
NI		0,50	0,66	1,48	1,16	0,52	1,12	0,22

IK: Índice de Kovats; M: mes

4.4.1.3 Población asilvestrada ROCF

Los resultados cuantitativos para la población ROCF aparecen en la Tabla 4-23 y Tabla 4-24. Los 42 **monoterpenos** identificados varían entre un 78,50% en M2 marzo y un 94,90% en M11 diciembre. Los 31 **sesquiterpenos**, entre un 4,10% en M10 noviembre y un 15,92% en M2 marzo. Los 7 **diterpenos** identificados oscilan entre 15,08% en M6 julio y 0,04% en M10 noviembre, no encontrándose presencia en M12 enero. Los 2 **fenilpropanoides** identificados varían entre 0,22% en M6 julio y 1,05% en M13 febrero; entre los 4 compuestos identificados de **otros** tipos químicos, las variaciones están entre 0,06% en M5 junio y 0,47% en M13 febrero.

Los monoterpenos más representativos son **α -pineno** (7,50% M2 marzo-30,74% M7 agosto), **canfeno** (2,81% M2 marzo-9,86% M7 agosto), **β -mirceno** (1,57% M13 febrero-6,20% M1 febrero), **α -terpineno** (1,95% M4 mayo-5,36% M1 febrero), **p-cimeno** (sólo aparece con 1,65% en M6 julio), **limoneno** (4,15% M6 julio-6,16% M1 febrero), **β -felandreno** (3,31% M6 julio-4,92% M1 febrero), **1,8-cineol** (5,10% M6 julio-7,55% M1 febrero), **terpinoleno** (2,90% M7 agosto-5,81% M5 junio), **alcanfor** (5,32% M7 agosto-10,82% M5 junio), **borneol** (6,16% M7 agosto-13,80% M2 marzo), **verbenona** (1,81% M7 agosto-6,29% M13 febrero) y **acetato de bornilo** (0,40% M13 febrero-4,25% M3 abril). Entre los sesquiterpenos, **(E)-cariofileno** (0,69% M10 noviembre-3,74% M2 marzo), **α -humuleno** (0,14% M10 noviembre-0,68% M2 marzo), **óxido de cariofileno** (0,16% M6 julio-3,15% M2 marzo), **cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol** (0,14% M813 febrero-0,85% M6 julio) y **14-hidroxi-9-epi-cariofileno** (0,12% M6 julio-1,64% M13 febrero). En el resto de las categorías (diterpenos, fenilpropanoides y otros) ningún compuesto supera el 1% excepto el diterpeno Fitol que presenta una elevada cantidad (14,14%) en el M6 julio.

Tabla 4-23: ROCF. Composición del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	840	-	-	-	-	-	-
NI	860	-	-	-	-	-	-
NI	886	-	-	-	-	-	-
Heptanal	902	0,06	-	-	0,07	-	-
α -Tuyeno	930	-	0,12	0,19	0,23	0,21	0,30
NI	932	-	-	-	-	-	-
α -Pino	939	14,09	7,50	12,86	19,53	20,29	20,48
Canfeno	954	5,04	2,81	4,77	5,95	6,23	6,13
Sabineno	975	0,41	0,35	0,30	0,35	0,43	0,13
β -Pino	979	1,16	1,56	1,99	2,55	1,41	0,95
β -Mirceno	991	6,20	2,88	2,89	2,28	2,84	2,43
α -Felandreno	1003	0,69	0,45	0,47	0,51	0,53	0,38
δ -3-Careno	1011	1,82	1,40	2,39	3,06	3,09	2,58
α -Terpineno	1017	5,36	2,50	2,66	1,95	2,00	1,32
p-Cimeno	1025	-	-	-	-	-	1,65
Limoneno	1029	6,16	4,43	4,57	4,64	4,64	4,15
β -Felandreno	1030	4,92	3,54	3,66	3,71	3,71	3,31
1,8-cineol	1031	7,55	5,38	5,59	5,69	5,69	5,10
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	-	-	-	-	-
γ -Terpineno	1060	1,02	0,51	0,61	0,58	0,58	0,43
cis-Sabineno hidrato	1070	-	0,02	0,03	0,08	0,03	-
Fenchona	1087	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	-
Terpinoleno	1089	3,70	4,57	4,33	5,11	5,81	3,78
Linalool	1097	-	-	-	-	-	-
endo-Fenchol	1117	0,49	0,60	0,33	0,53	0,54	0,46

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
α -Canfolenal	1126	-	-	0,13	-	-	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	-	-	-	-	-	-
Alcanfor	1146	7,12	10,42	9,40	10,12	10,82	8,08
Isopulegol	1150	-	-	-	-	-	-
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,76	1,05	0,77	0,69	0,61	0,62
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	-	-	-	-	-	-
Borneol	1169	8,53	13,80	12,55	10,68	11,24	10,61
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	0,38	0,82	0,77	0,74	0,82	0,28
Terpinen-4-ol	1177	0,64	1,18	1,02	0,97	1,03	0,54
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	0,30	-	-	-	-	-
α -Terpineol	1189	0,22	0,40	0,37	0,33	0,36	0,27
Verbenona	1205	3,84	5,77	5,49	5,60	5,91	3,24
Citronelol	1226	0,10	0,18	0,10	0,06	0,04	-
NI	1228	-	0,08	0,03	-	0,11	-
Pulegona	1237	0,69	0,95	0,75	0,61	0,64	0,44
Formiato de isobornilo	1239	0,06	0,08	0,06	0,14	0,04	-
Geraniol	1253	-	0,05	0,12	0,34	0,04	-
Piperitona	1253	1,12	1,62	1,24	1,02	1,02	0,60
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	-	-	-	-	0,02	-
NI	1265	0,07	0,08	0,06	0,08	0,03	-
NI	1270	-	-	-	0,11	-	-
Acetato de bornilo	1289	1,68	3,28	4,25	3,40	2,60	0,77
Timol	1290	0,23	0,07	0,03	0,03	0,02	-
NI	1296	0,37	0,18	0,10	-	-	-
Carvacrol	1299	0,33	0,12	0,06	0,02	-	-
Tridecano	1300	0,14	0,03	0,02	0,02	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	1323	0,10	0,04	0,03	0,02	-	-
NI	1336	0,15	0,06	0,05	0,03	0,03	-
Piperitenona	1343	0,04	0,02	-	-	-	-
NI	1353	0,04	0,05	-	-	-	-
Eugenol	1359	0,07	0,15	0,19	0,14	0,12	-
(Z)- β -Damascenona	1364	-	0,04	-	0,02	0,02	-
Ciclosativeno	1371	0,07	0,18	0,21	0,15	0,16	-
(Z)-Jasmona	1393	0,10	0,14	0,09	0,07	0,06	-
Metil eugenol	1404	0,43	0,52	0,36	0,27	0,21	0,22
Longifoleno	1408	0,06	0,03	0,06	0,05	0,04	0,16
α -Cedreno	1412	-	0,05	-	0,02	0,02	-
(E)-Cariofileno	1419	1,79	3,74	3,54	2,78	1,95	1,79
NI	1444	0,03	0,09	0,07	0,05	0,03	-
NI	1451	0,11	0,24	0,32	-	0,08	-
NI	1454	0,13	0,13	0,36	0,10	0,08	-
α -Humuleno	1455	0,34	0,68	0,59	0,42	0,32	0,17
NI	1461	-	0,01	-	-	-	-
γ -Muuroleno	1480	0,50	0,68	0,49	0,31	0,24	0,17
Germacreno-D	1485	0,09	0,04	0,06	-	-	-
γ -Amorfeno	1496	-	-	-	0,05	-	-
α -Muuroleno	1500	0,06	0,08	0,06	-	-	-
NI	1504	0,09	0,12	0,08	0,08	0,06	0,12
β -Bisaboleno	1506	0,39	0,46	0,30	0,19	0,14	0,10
NI	1510	0,13	0,23	0,15	0,12	0,08	0,16
γ -Cadineno	1514	0,31	0,44	0,29	0,20	0,13	0,11
δ -Cadineno	1523	0,73	1,12	0,77	0,53	0,37	0,30

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
α -Calacoreno	1546	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	-
NI	1549	0,13	0,16	0,11	0,04	0,03	0,12
NI	1560	0,10	0,11	0,15	0,02	0,02	0,04
(E)-Nerolidol	1563	0,07	0,02	0,11	0,02	0,01	-
NI	1581	0,09	0,04	0,08	-	0,03	-
NI	1582	-	0,09	0,23	0,01	-	0,19
Óxido de cariofileno	1583	2,36	3,15	1,82	0,86	0,64	0,16
Widrol	1599	-	-	-	-	-	-
Guayol	1601	0,14	0,18	0,07	0,05	0,04	-
NI	1605	-	0,10	0,06	-	0,01	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,10	0,05	0,03	0,02	0,04	-
NI	1615	0,07	0,66	0,22	-	0,22	-
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,51	0,42	0,32	0,13	0,10	0,06
NI	1624	0,07	0,05	0,03	0,01	0,03	0,04
NI	1633	0,11	0,10	0,04	0,02	0,01	-
NI	1635	0,03	0,09	0,08	0,03	-	-
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,86	0,51	0,21	0,07	0,05	0,16
NI	1638	0,11	0,22	0,12	0,04	0,04	0,09
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,78	0,65	0,68	0,23	0,25	0,85
α -Muurolol	1646	0,10	0,22	0,13	0,12	0,04	0,09
(Z)-metil-jasmonato	1649	-	0,10	-	-	-	-
NI	1652	0,12	0,09	0,21	0,03	0,02	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	1,16	1,57	0,98	0,41	0,37	0,12
epi- β -Bisabolol	1672	-	0,06	0,03	-	0,03	0,06
epi- α -Bisabolol	1685	0,30	0,28	0,18	0,10	0,09	0,22
α -Bisabolol	1686	0,73	0,82	0,40	0,12	0,15	0,37

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
Acetato de guayilo	1727	0,10	0,09	0,03	-	-	-
NI	1737	0,01	0,09	-	-	-	-
14-oxi- α -Muuroleno	1769	0,06	0,08	0,02	-	-	-
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	0,02	0,16	0,03	-	-	-
β -Bisabolenol	1790	0,06	0,09	0,02	-	-	-
NI	1798	0,02	-	-	-	-	-
NI	1812	0,04	0,06	-	-	-	-
NI	1828	0,03	0,05	-	-	-	-
NI	1849	0,02	0,06	-	-	-	-
NI	1856	0,07	0,14	-	-	-	-
NI	1884		0,12	-	-	-	-
NI	1908	0,03	0,06	0,08	-	0,03	-
NI	1917	0,05	0,08	0,05	0,07	0,03	0,05
Fitol	1943	0,05	0,06	0,02	-	-	14,14
NI	1970	0,00	0,25	-	-	-	-
NI	1986	0,05	0,07	0,04	-	-	-
NI	1995	-	0,02	-	-	-	-
NI	2011	-	0,02	-	-	-	-
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	0,03	0,02	0,06	-	-	-
NI	2040	0,03	0,04	0,02	-	-	-
Manool	2057	0,02	0,07	0,03	0,01	-	-
Abietadieno	2088	0,14	0,08	0,11	0,04	0,05	0,80
NI	2114	0,02	0,02	-	-	-	-
NI	2122	-	0,08	-	-	-	-
Incensol	2159	0,03	0,06	-	0,07	-	-
Acetato de incensilo	2184	0,05	0,03	0,10	0,02	0,02	0,15

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	2202	0,01	-	-	-	-	-
7- α -hidroxi-Manool	2238	0,03	0,04	-	-	0,05	-
NI	2276	-	0,02	-	-	-	-
NI	2283	-	0,03	-	-	-	-
NI	2298	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		84,69	78,50	84,77	91,54	93,27	79,02
SESQUITERPENOS TOTALES		11,74	15,92	11,47	6,86	5,22	4,72
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,50	0,67	0,54	0,41	0,33	0,22
DITERPENOS TOTALES		0,34	0,37	0,31	0,15	0,12	15,08
OTROS		0,30	0,27	0,09	0,16	0,06	0,00
NI		2,42	4,27	2,81	0,89	0,99	0,97

IK: Índice de Kovats; M: mes

Tabla 4-24: ROCF. Composición del aceite esencial (cont.).

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	840	-	-	-	-	-	-	0,02
NI	860	-	-	-	-	-	-	0,05
NI	886	0,11	-	-	-	-	-	-
Heptanal	902	0,04	0,03	-	0,03	-	0,02	0,02
α -Tuyeno	930	0,43	0,28	0,29	0,34	0,33	0,33	2,03
NI	932	0,01	-	-	-	-	0,02	0,01
α -Pino	939	30,74	21,78	25,03	23,58	24,14	23,99	12,07
Canfeno	954	9,86	6,94	8,37	8,39	9,01	8,42	6,11
Sabineno	975	0,25	0,27	0,20	0,29	0,23	0,21	0,24
β -Pino	979	0,90	0,59	0,80	0,77	1,58	0,44	0,29
β -Mirceno	991	3,15	2,30	2,64	2,23	1,87	2,42	1,57
α -Felandreno	1003	0,60	1,41	0,36	0,33	0,23	0,20	0,73
δ -3-Careno	1011	4,47	2,75	4,40	3,23	3,98	3,28	1,99
α -Terpineno	1017	3,26	2,66	3,30	3,38	4,35	3,78	2,99
p-Cimeno	1025	-	-	-	-	-	-	-
Limoneno	1029	4,94	4,67	4,88	4,75	5,23	4,67	4,25
β -Felandreno	1030	3,95	3,73	3,96	3,80	4,18	3,73	3,40
1,8-cineol	1031	6,06	5,74	5,56	5,82	6,39	5,70	5,21
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	-	-	0,30	-	-	-
γ -Terpineno	1060	0,47	0,22	0,20	0,15	0,07	0,05	0,07
cis-Sabineno hidrato	1070	-	-	-	-	-	-	-
Fenchona	1087	0,82	-	-	0,05	-	0,04	-
Terpinoleno	1089	2,90	4,89	4,06	4,15	3,05	3,29	3,62
Linalool	1097	-	-	-	-	1,48	-	-
endo-Fenchol	1117	0,26	0,52	0,56	0,59	0,67	0,72	1,16

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
α -Canfolenal	1126	0,17	-	-	0,14	0,19	0,52	0,32
<i>trans</i> -Verbenol	1145	-	0,06	-	0,09	-	-	-
Alcanfor	1146	5,32	10,67	7,50	9,37	8,51	8,83	9,09
Isopulegol	1150	-	-	-	0,08	0,04	0,08	-
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,55	1,13	0,85	1,07	0,97	1,09	1,06
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	-	0,13	-	0,14	0,11	0,13	-
Borneol	1169	6,16	12,09	10,35	11,45	11,26	11,38	11,53
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	0,28	0,51	0,48	0,49	0,41	0,33	0,33
Terpinen-4-ol	1177	0,34	0,96	-	0,90	0,46	0,76	0,88
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	-	-	-	-	-	-	-
α -Terpineol	1189	0,20	0,34	0,35	0,39	0,37	0,37	0,75
Verbenona	1205	1,81	5,89	3,90	6,06	3,83	4,82	6,29
Citronelol	1226	-	0,06	-	0,02	-	-	0,03
NI	1228	-	-	-	-	-	-	0,07
Pulegona	1237	0,32	0,76	0,57	0,69	0,62	0,73	0,79
Formiato de isobornilo	1239	-	0,04	-	-	-	-	0,06
Geraniol	1253	-	-	-	0,04	-	0,02	0,05
Piperitona	1253	0,45	1,16	0,79	1,08	0,84	1,14	1,15
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	-	-	-	-	-	-	-
NI	1265	-	0,05	-	-	-	-	0,05
NI	1270	-	-	-	-	-	-	0,04
Acetato de bornilo	1289	0,71	0,75	0,83	0,56	0,49	0,41	0,40
Timol	1290	-	-	-	-	-	-	0,08
NI	1296	-	-	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	-	0,02	-	-	-	-	0,15
Tridecano	1300	-	-	-	-	-	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	1323	-	-	-	-	-	-	-
NI	1336	-	-	-	-	-	-	0,03
Piperitenona	1343	-	-	-	-	-	-	-
NI	1353	-	-	-	-	-	-	-
Eugenol	1359	0,04	0,04	-	-	-	-	0,04
(Z)- β -Damascenona	1364	-	-	-	-	-	-	0,22
Ciclosativeno	1371	0,04	0,10	-	-	-	-	0,06
(Z)-Jasmona	1393	0,06	0,07	0,21	0,07	0,08	0,08	0,45
Metil eugenol	1404	0,24	0,27	0,61	0,24	0,36	0,35	1,01
Longifoleno	1408	-	0,61	-	-	-	-	0,03
α -Cedreno	1412	-	-	-	0,03	-	-	-
(E)-Cariofileno	1419	1,59	1,61	2,75	0,69	1,01	1,05	2,04
NI	1444	-	-	-	-	-	-	0,04
NI	1451	-	-	-	-	-	-	0,02
NI	1454	0,10	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,28
α -Humuleno	1455	0,33	0,25	0,49	0,14	0,17	0,25	0,34
NI	1461	-	-	-	-	-	-	-
γ -Muuroleno	1480	0,22	0,23	0,43	0,18	0,26	0,26	0,76
Germacreno-D	1485	-	-	-	-	-	-	-
γ -Amorfeno	1496	-	-	-	-	-	-	-
α -Muuroleno	1500	-	0,11	-	0,05	-	0,09	0,08
NI	1504	0,08	0,05	0,17	0,08	-	0,08	0,22
β -Bisaboleno	1506	0,13	0,13	0,37	0,12	0,14	0,16	0,43
NI	1510	0,06	0,06	0,13	0,07	-	0,08	0,14
γ -Cadineno	1514	0,16	0,14	0,40	0,14	0,18	0,23	0,70
δ -Cadineno	1523	0,45	0,38	1,01	0,35	0,46	0,56	1,32

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
α -Calacoreno	1546	-	0,03	-	-	-	-	0,05
NI	1549	-	0,07	-	0,04	-	0,07	0,17
NI	1560	-	0,04	-	0,05	-	0,06	0,04
(E)-Nerolidol	1563	-	-	-	-	-	-	0,15
NI	1581	-	-	-	0,03	-	0,04	0,06
NI	1582	-	0,03	-	0,05	-	-	0,20
Óxido de cariofileno	1583	0,43	0,40	0,65	0,38	0,58	0,94	1,62
Widrol	1599	-	-	-	0,21	-	0,25	0,04
Guayol	1601	0,03	0,03	0,03	0,26	0,04	0,06	1,22
NI	1605	-	-	-	0,04	-	0,06	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,04	0,04	-	0,03	-	0,05	0,15
NI	1615	-	0,16	-	0,11	-	0,16	0,90
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,16	0,06	0,20	0,09	0,18	0,25	0,68
NI	1624	-	0,03	-	0,03	-	0,03	0,07
NI	1633	0,05	0,05	-	0,06	-	0,07	0,14
NI	1635	-	0,15	0,09	0,14	-	0,15	0,54
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,12	0,12	0,21	0,12	0,11	0,41	1,03
NI	1638	0,12	0,03	-	0,04	-	0,19	0,38
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,47	0,22	0,62	0,30	0,29	0,44	0,14
α -Muurolol	1646	0,09	0,04	-	0,04	-	0,07	1,85
(Z)-metil-jasmonato	1649	-	-	-	-	-	-	-
NI	1652	-	-	-	-	-	0,06	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	0,63	0,46	1,00	0,74	0,89	1,05	1,64
epi- β -Bisabolol	1672	-	-	-	0,02	-	-	-
epi- α -Bisabolol	1685	0,10	0,11	-	0,04	-	0,10	-
α -Bisabolol	1686	0,32	0,16	-	0,18	-	0,30	1,01

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Acetato de guayilo	1727	-	-	-	-	-	-	-
NI	1737	-	-	-	-	-	-	-
14-oxi- α -Muuroleno	1769	-	-	-	-	-	-	-
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	-	-	-	-	-	-	0,07
β -Bisabolenol	1790	-	-	-	-	-	-	0,21
NI	1798	-	-	-	-	-	-	-
NI	1812	-	-	-	-	-	-	-
NI	1828	-	-	-	-	-	-	0,07
NI	1849	-	-	-	-	-	-	-
NI	1856	-	-	-	-	-	-	0,03
NI	1884	-	-	-	-	-	-	-
NI	1908	-	-	-	-	-	-	-
NI	1917	-	-	-	-	-	-	-
Fitol	1943	1,05	-	-	-	-	-	0,10
NI	1970	-	-	-	-	-	-	-
NI	1986	-	-	-	-	-	-	-
NI	1995	-	-	-	-	-	-	-
NI	2011	-	-	-	-	-	-	0,03
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	-	-	-	-	-	-	-
NI	2040	-	-	-	-	-	-	0,05
Manool	2057	-	-	-	-	-	-	0,06
Abietadieno	2088	1,57	0,12	-	-	-	-	-
NI	2114	-	-	-	-	-	-	-
NI	2122	-	-	-	-	-	-	-
Incensol	2159	0,90	-	-	-	0,27	-	-
Acetato de incensilo	2184	0,71	0,10	0,28	0,04	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	2202	0,19	-	-	-	-	-	-
7- α -hidroxi-Manool	2238	-	-	-	-	-	-	0,06
NI	2276	-	-	-	-	-	-	-
NI	2283	-	-	-	-	-	-	-
NI	2298	-	-	-	-	-	-	0,09
		100	100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		89,35	93,36	90,23	94,70	94,90	91,90	78,69
SESQUITERPENOS TOTALES		5,31	5,25	8,16	4,10	4,33	6,54	15,83
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,28	0,32	0,61	0,24	0,36	0,35	1,05
DITERPENOS TOTALES		4,24	0,21	0,28	0,04	0,27	0,00	0,22
OTROS		0,11	0,10	0,21	0,11	0,08	0,10	0,47
NI		0,72	0,76	0,50	0,81	0,06	1,11	3,74

IK: Índice de Kovats; M: mes

4.4.1.4 Población asilvestrada ROCS

Los resultados cuantitativos para la población ROCS aparecen en la Tabla 4-25 y Tabla 4-26. Los 39 **monoterpenos** identificados varían entre un 74,50% en M13 febrero y un 96,61% en M10 noviembre. Los 31 **sesquiterpenos**, entre un 1,96% en M10 noviembre y un 17,37% en M13 febrero. Los 9 **diterpenos** identificados oscilan entre 0,02% en M5 junio y M10 noviembre y 3,18% en M7 agosto, no encontrándose presencia en M6 julio y M12 enero. Los 2 **fenilpropanoides** identificados varían entre 0,21% en M10 noviembre y 0,79% en M13 febrero; entre los 5 compuestos identificados de **otros** tipos químicos, las variaciones están entre 0,08% en M1 febrero, M6 julio y M10 noviembre y 0,57% en M8 septiembre.

Los monoterpenos más representativos son **α -pineno** (10,54% M13 febrero-25,19% M9 octubre), **canfeno** (5,25% M2 marzo-8,50% M9 octubre), **limoneno** (2,89% M13 febrero-4,06% M3 abril), **β -felandreno** (2,58% M13 febrero-3,62% M3 abril), **1,8-cineol** (6,64% M13 febrero-9,33% M3 abril), **terpinoleno** (5,38% M7 agosto-12,32% M2 marzo), **alcanfor** (2,60% M7 agosto-5,22% M4 mayo), **borneol** (6,95% M9 octubre-11,13% M5 junio), **verbenona** (1,95% M7 agosto-7,04% M5 junio) y **acetato de bornilo** (0,38% M12 enero-2,82% M3 abril). Entre los sesquiterpenos, **(E)-cariofileno** (0,52% M10 noviembre-4,14% M7 agosto), **óxido de cariofileno** (0,06% M6 julio-2,83% M13 febrero) y **14-hidroxi-9-epi-cariofileno** (0,35% M10 noviembre-3,70% M13 febrero). En el resto de las categorías (diterpenos, fenilpropanoides y otros) ningún compuesto supera el 1%.

Tabla 4-25: ROCS. Composición del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	840	-	-	-	-	-	-
NI	860	-	-	-	-	-	-
Heptanal	902	-	-	-	0,05	-	-
α -Tuyeno	930	0,23	0,15	-	0,13	0,15	0,24
NI	932	-	-	-	-	-	-
α -Pino	939	16,35	13,44	13,11	16,72	19,67	22,85
Canfeno	954	6,07	5,25	5,36	5,85	6,73	7,22
1-Octen-3-ona	960	-	-	-	-	-	-
Sabineno	975	0,47	0,35	0,45	0,26	0,43	0,14
1-Octen-3-ol	979	-	-	-	-	-	-
β -Pino	979	1,11	1,48	2,03	1,60	0,83	0,73
β -Mirceno	991	4,82	2,60	2,61	1,43	1,75	1,96
α -Felandreno	1003	0,52	0,45	0,43	0,49	0,49	0,43
δ -3-Careno	1011	1,64	1,64	1,99	2,92	2,91	3,39
α -Terpineno	1017	4,13	2,95	4,19	2,69	2,29	2,90
Limoneno	1029	3,96	3,48	4,06	3,54	3,37	3,97
β -Felandreno	1030	3,54	3,11	3,62	3,16	3,01	3,55
1,8-cineol	1031	9,11	8,00	9,33	8,13	7,75	9,13
(Z)- β -Ocimeno	1037	0,64	-	-	-	-	-
γ -Terpineno	1060	0,74	0,51	0,89	0,57	0,62	0,41
Fenchona	1087	0,09	0,05	0,07	0,06	0,03	0,57
Terpinoleno	1089	3,77	4,24	3,78	5,22	5,42	2,88
Linalool	1097	0,14	-	-	-	-	1,66

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
<i>endo</i> -Fenchol	1117	0,53	0,48	0,46	0,40	0,43	0,47
NI	1120	-	-	0,24	-	-	-
α -Canfolenal	1126	0,14	0,13	0,15	0,16	-	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	-	-	-	-	-	-
Alcanfor	1146	9,03	9,13	8,12	10,54	11,13	10,34
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	1,17	1,17	1,32	1,38	1,23	1,27
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	0,11	-	-	-	-	0,11
Borneol	1169	9,85	12,32	9,94	12,08	10,89	10,03
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	0,57	0,55	0,46	0,40	0,59	0,92
Terpinen-4-ol	1177	0,91	0,89	0,77	0,96	1,08	0,52
α -Terpineol	1189	0,25	0,35	0,21	0,36	0,30	0,55
Verbenona	1205	5,20	4,73	4,18	5,86	7,04	5,22
Citronelol	1226	0,12	0,03	0,08	0,02	0,01	-
Pulegona	1237	0,78	0,88	0,67	0,69	0,71	0,60
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	-	0,07	-
Formiato de isobornilo	1239	0,12	0,09	0,09	0,09	0,09	-
Geraniol	1253	0,07	-	0,06	0,12	0,22	-
Piperitona	1253	1,34	1,41	1,22	1,10	1,12	0,77
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	0,17	0,14	0,01	0,11	-	-
NI	1265	0,03	0,02	0,12	0,03	0,06	-
Acetato de bornilo	1289	0,88	2,09	2,82	2,74	2,20	1,07
Timol	1290	0,00	0,17	0,17	-	0,04	-
Carvacrol	1299	0,02	0,26	0,19	0,05	0,05	-
Tridecano	1300	-	0,08	0,06	0,01	0,08	-
NI	1301	0,07	-	0,20	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	1323	0,02	0,05	0,08	0,02	0,05	-
NI	1336	0,04	0,09	0,10	0,05	0,05	-
NI	1353	-	0,04	0,02	0,07	-	-
Eugenol	1359	0,05	0,11	0,10	0,13	0,13	-
(Z)- β -Damascenona	1364	0,05	0,07	0,03	0,07	0,01	0,08
NI	1367	-	0,11	0,16	0,17	0,20	-
NI	1383	-	-	0,01	-	0,02	-
(Z)-Jasmona	1393	0,08	0,10	0,12	0,10	0,08	0,08
Metil eugenol	1404	0,31	0,46	0,52	0,46	0,31	0,40
Longifoleno	1408	0,06	0,05	0,03	-	0,06	0,39
α -Cedreno	1412	-	-	0,03	0,01	-	-
(E)-Cariofileno	1419	1,18	2,41	2,98	2,86	2,05	2,47
NI	1451	-	0,25	0,12	-	0,08	-
NI	1454	0,11	0,14	0,10	0,08	0,11	0,05
α -Humuleno	1455	0,24	0,44	0,49	0,45	0,34	0,34
NI	1461	-	-	0,02	-	0,01	-
γ -Muuroleno	1480	0,33	0,57	0,60	0,46	0,32	0,32
Germacreno-D	1485	-	-	0,04	-	-	-
α -Muuroleno	1500	0,04	0,09	0,09	0,18	0,04	-
NI	1504	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	-
β -Bisaboleno	1506	0,23	0,34	0,38	0,25	0,18	0,25
NI	1510	0,12	0,15	0,19	0,15	0,10	0,10
γ -Cadineno	1514	0,22	0,34	0,36	0,28	0,19	0,21
β -Sesquifelandreno	1523	0,20	0,32	0,24	-	-	-
δ -Cadineno	1523	0,48	0,76	0,80	0,69	0,49	0,57
<i>trans</i> -Calameneno	1529	-	-	-	-	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
α -Calacoreno	1546	0,04	0,07	0,07	0,04	0,03	-
NI	1549	0,15	0,14	0,13	0,08	0,05	-
NI	1560	0,14	0,21	0,13	0,05	0,04	-
(<i>E</i>)-Nerolidol	1563	0,04	0,05	0,08	0,03	0,01	-
NI	1582	0,05	0,10	0,06	0,05	0,02	-
Óxido de cariofileno	1583	1,04	1,78	0,68	0,47	0,22	0,06
Widrol	1599	0,26	0,08	0,26	0,06	0,12	-
Guayol	1601	0,12	0,16	0,13	0,05	0,04	-
NI	1605	-	-	-	-	-	-
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,07	0,17	0,07	0,05	0,02	-
NI	1615	0,07	0,07	0,07	-	-	-
(<i>Z</i>)-Bisabol-11-ol	1619	0,39	0,57	0,27	0,14	0,08	-
NI	1624	0,09	0,16	0,04	0,06	0,02	-
NI	1633	0,08	0,17	0,06	-	0,01	-
<i>cis</i> -Cadin-4-en-7-ol	1637	0,45	1,87	0,52	0,22	0,16	-
NI	1638	0,06	-	0,04	-	0,06	-
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,95	0,10	0,75	0,40	0,25	-
α -Muurolol	1646	0,11	-	0,15	-	0,05	-
NI	1647	-	-	-	-	0,15	0,17
NI	1652	-	-	0,15	-	0,03	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	1,63	2,14	1,65	0,77	0,53	0,58
<i>epi</i> - β -Bisabolol	1672	-	-	-	-	-	-
<i>epi</i> - α -Bisabolol	1685	0,22	0,50	0,26	0,15	0,11	-
α -Bisabolol	1686	0,71	0,94	0,77	0,25	0,22	-
NI	1711	0,05	0,08	0,07	0,04	0,01	-
Acetato de guayilo	1727	0,05	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
14-oxi- α -Muuroleno	1769	0,02	0,03	0,05	-	-	-
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	-	0,04	0,14	-	-	-
NI	1787	-	-	0,24	-	-	-
β -Bisabolenol	1790	-	0,05	0,07	-	-	-
NI	1798	-	0,03	0,02	-	0,02	-
NI	1812	0,04	0,06	0,09	0,07	0,01	-
NI	1817	-	-	0,03	-	-	-
NI	1828	0,04	0,02	0,02	-	-	-
NI	1849	-	0,05	0,06	-	-	-
NI	1856	0,12	0,07	0,10	0,03	-	-
NI	1875	-	-	0,01	-	-	-
NI	1881	-	-	0,02	-	-	-
NI	1884	-	-	0,11	-	0,01	-
NI	1890	0,05	-	0,02	-	-	-
NI	1908	0,08	-	0,07	0,11	-	-
NI	1917	0,05	0,09	0,09	0,07	0,02	-
Fitol	1943	0,13	0,15	0,20	-	-	-
13- <i>epi</i> - Manool	1965	-	-	0,16	-	-	-
NI	1986	0,02	-	0,03	-	-	-
NI	2011	-	-	0,02	-	-	-
Óxido de 13- <i>epi</i> -Manoilo	2017	0,04	0,04	0,02	0,07	-	-
Abieta-8,12-dieno	2023	-	-	-	-	-	-
NI	2040	0,02	0,04	0,04	-	-	-
NI	2046	-	0,00	0,17	-	-	-
Manool	2057	0,02	0,04	0,08	-	-	-
Abietadieno	2088	-	-	0,06	0,13	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M3 ABRIL	M4 MAYO	M5 JUNIO	M6 JULIO
NI	2114	-	-	0,03	-	-	-
NI	2122	-	-	0,03	-	-	-
Incensol	2159	-	-	-	-	-	-
Acetato de incensilo	2184	0,06	0,11	0,02	0,11	0,02	-
NI	2212	-	-	0,02	-	-	-
7- α -hidroxi-Manool	2238	0,02	0,03	0,03	-	-	-
NI	2246	-	-	0,20	-	-	-
NI	2258	-	0,16	0,19	-	-	-
NI	2283	-	-	0,02	-	-	-
NI	2298	-	-	-	-	-	-
		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		88,59	82,53	83,07	89,83	92,64	93,91
SESQUITERPENOS TOTALES		9,11	14,18	11,97	7,87	5,53	5,29
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,37	0,57	0,62	0,60	0,43	0,40
DITERPENOS TOTALES		0,25	0,33	0,57	0,31	0,02	0,00
OTROS		0,08	0,18	0,17	0,16	0,17	0,08
NI		1,61	2,21	3,60	1,24	1,21	0,32

IK: Índice de Kovats; M: mes

Tabla 4-26: ROCS. Composición del aceite esencial (cont.).

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	840	-	-	-	-	-	-	0,06
NI	860	0,02	-	-	-	-	-	0,09
Heptanal	902	0,02	0,02	-	0,03	0,01	0,02	-
α -Tuyeno	930	0,25	0,30	0,32	0,35	0,26	0,22	2,87
NI	932	0,01	0,02	-	0,02	0,01	0,01	0,08
α -Pino	939	23,71	24,06	25,19	24,02	19,93	17,51	10,54
Canfeno	954	7,54	7,61	8,50	8,14	7,47	6,64	5,53
1-Octen-3-ona	960	-	-	-	-	-	-	0,07
Sabineno	975	0,22	0,19	0,31	0,25	0,21	0,18	0,17
1-Octen-3-ol	979	-	0,48	-	-	-	-	-
β -Pino	979	0,66	0,55	0,90	0,70	0,70	0,37	0,41
β -Mirceno	991	2,41	2,07	2,97	2,02	1,90	2,02	1,65
α -Felandreno	1003	0,42	0,22	0,57	0,27	0,27	0,19	0,17
δ -3-Careno	1011	4,19	3,02	3,98	2,99	3,66	3,25	2,34
α -Terpineno	1017	3,73	3,09	4,07	3,17	4,24	3,83	3,10
Limoneno	1029	4,02	3,49	3,71	3,69	3,73	3,39	2,89
β -Felandreno	1030	3,59	3,11	3,31	3,29	3,33	3,03	2,58
1,8-cineol	1031	9,24	8,02	8,52	8,48	8,57	7,79	6,64
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	-	0,29	-	-	-	-
γ -Terpineno	1060	0,27	0,14	0,43	0,08	0,09	0,06	0,11
Fenchona	1087	0,47	0,04	0,03	0,06	0,04	0,06	-
Terpinoleno	1089	2,60	4,09	2,69	3,37	3,17	3,80	3,19
Linalool	1097	0,66	1,14	-	0,96	0,49	0,56	1,00
<i>endo</i> -Fenchol	1117	0,33	0,39	0,35	0,65	0,32	0,42	0,56
NI	1120	-	0,51	-	0,95	-	0,42	0,75

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
α -Canfolenal	1126	0,18	-	-	-	-	0,25	-
<i>trans</i> -Verbenol	1145	0,02	0,09	0,07	0,10	0,06	0,11	0,09
Alcanfor	1146	5,82	9,75	6,95	10,61	8,40	8,80	8,10
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	0,87	1,21	1,03	1,19	1,14	1,20	0,99
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	-	-	-	-	-	0,12	0,12
<i>trans</i> - β -Terpineol	1163	-	0,14	-	-	0,11	0,14	0,12
Borneol	1169	5,38	10,98	8,15	11,42	10,69	11,52	11,39
<i>p</i> -Menta-1,5-dien-8-ol	1170	1,15	0,43	0,28	0,51	0,63	0,32	0,34
Terpinen-4-ol	1177	0,41	0,87	0,60	0,92	0,67	0,78	0,75
α -Terpineol	1189	0,33	0,36	0,35	0,30	0,36	0,40	0,42
Verbenona	1205	1,95	5,63	3,73	6,01	4,69	5,17	5,24
Citronelol	1226	-	-	-	0,03	0,17	0,03	0,03
Pulegona	1237	0,43	0,82	0,58	0,78	0,99	0,92	1,01
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	-	-	-	-
Formiato de isobornilo	1239	0,02	0,31	-	0,71	0,79	0,76	0,40
Geraniol	1253	0,01	-	-	-	-	-	-
Piperitona	1253	0,59	1,21	0,85	1,08	0,43	1,16	1,28
isómero de <i>p</i> -Cimen-7-ol	1261	-	-	-	0,04	-	-	0,04
NI	1265	0,01	0,05	-	0,02	-	-	-
Acetato de bornilo	1289	0,50	0,56	0,84	0,44	0,57	0,38	0,43
Timol	1290	-	-	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	-	-	-	-	-	-	-
Tridecano	1300	-	-	-	-	-	-	-
NI	1301	-	-	-	-	-	-	-
NI	1323	-	-	-	-	-	-	-
NI	1336	0,04	-	-	-	0,03	-	0,14

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	1353	-	-	-	-	-	-	-
Eugenol	1359	-	-	-	-	0,07	-	-
(Z)- β -Damascenona	1364	-	-	-	-	0,04	-	-
NI	1367	0,04	-	-	-	0,02	-	-
NI	1383	-	-	-	-	-	-	-
(Z)-Jasmona	1393	0,16	0,07	0,13	0,05	0,16	0,14	0,18
Metil eugenol	1404	0,77	0,26	0,65	0,21	0,66	0,60	0,79
Longifoleno	1408	-	-	-	-	-	-	-
α -Cedreno	1412	0,07	-	-	-	-	-	-
(E)-Cariofileno	1419	4,14	1,13	2,53	0,52	1,46	1,49	1,54
NI	1451	-	-	-	-	-	-	-
NI	1454	0,15	0,05	0,10	0,03	0,13	0,10	0,11
α -Humuleno	1455	0,79	0,24	0,68	0,09	0,26	0,32	0,31
NI	1461	0,12	0,05	-	-	-	0,08	0,17
γ -Muuroleno	1480	0,89	0,19	0,48	0,13	0,53	0,41	0,60
Germacreno-D	1485	-	-	-	-	-	-	-
α -Muuroleno	1500	0,24	-	0,15	-	-	0,15	0,20
NI	1504	0,18	0,09	-	0,05	0,10	0,15	0,19
β -Bisaboleno	1506	0,53	0,11	0,39	0,09	0,26	0,33	0,61
NI	1510	0,25	0,06	0,17	0,04	0,10	0,12	0,19
γ -Cadineno	1514	0,60	0,22	0,38	0,11	0,31	0,33	0,49
β -Sesquifelandreno	1523	0,90	0,10	-	-	-	0,81	-
δ -Cadineno	1523	1,31	0,49	0,97	0,27	0,83	0,81	1,12
<i>trans</i> -Calameneno	1529	-	-	-	-	-	-	-
α -Calacoreno	1546	0,14	-	-	-	0,04	-	0,09
NI	1549	0,25	-	0,11	-	0,16	0,06	0,13

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	1560	0,14	0,05	0,07	-	0,10	0,09	0,11
(E)-Nerolidol	1563	-	-	-	-	0,04	-	0,33
NI	1582	0,02	-	0,04	-	0,02	0,09	0,12
Óxido de cariofileno	1583	0,22	0,17	0,44	0,16	0,67	0,82	2,83
Widrol	1599	0,11	-	0,20	-	-	-	0,24
Guayol	1601	0,07	0,03	0,07	0,01	0,06	0,31	0,14
NI	1605	-	-	-	-	-	-	0,11
1,2-epóxido de Humuleno	1608	0,03	0,04	0,02	-	0,05	0,05	0,17
NI	1615	-	-	-	-	-	-	0,05
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	0,12	0,07	0,15	0,06	0,30	0,26	0,81
NI	1624	0,05	0,00	0,03	-	0,03	0,06	0,15
NI	1633	0,02	0,03	0,08	-	0,07	0,08	0,18
cis-Cadin-4-en-7-ol	1637	0,35	0,17	0,24	0,05	0,65	0,41	0,84
NI	1638	0,06	0,08	-	-	0,13	0,61	0,76
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	0,16	0,17	0,55	0,13	0,51	0,57	0,99
α -Muurolol	1646	0,13	0,10	0,06	-	0,11	0,85	0,35
NI	1647	-	-	-	-	-	-	-
NI	1652	-	-	-	-	-	-	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	0,65	0,53	0,92	0,35	1,36	1,66	3,70
epi- β -Bisabolol	1672	0,02	-	-	-	-	1,65	-
epi- α -Bisabolol	1685	0,05	-	0,10	-	-	0,16	0,38
α -Bisabolol	1686	0,17	0,13	0,36	-	0,15	0,56	1,55
NI	1711	-	-	-	-	0,04	-	0,15
Acetato de guayilo	1727	-	-	-	-	0,02	-	-
14-oxi- α -Muuroleno	1769	-	-	-	-	-	-	0,10
14-hidroxi- α -Muuroleno	1780	-	-	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
NI	1787	-	-	-	-	-	-	-
β-Bisabolenol	1790	0,12	-	-	-	0,18	-	-
NI	1798	-	-	-	-	-	-	-
NI	1812	0,05	-	-	-	0,04	0,05	-
NI	1817	-	-	-	-	-	-	-
NI	1828	-	-	-	-	0,02	-	-
NI	1849	-	-	-	-	0,39	-	0,81
NI	1856	-	-	-	-	-	-	-
NI	1875	-	-	-	-	-	-	-
NI	1881	-	-	-	-	-	-	-
NI	1884	-	-	-	-	-	-	-
NI	1890	0,37	-	-	-	-	-	-
NI	1908	-	-	-	-	0,03	-	0,14
NI	1917	0,30	-	-	-	0,05	-	-
Fitol	1943	0,44	-	0,38	-	0,06	-	1,55
13-<i>epi</i>- Manool	1965	-	-	-	-	-	-	-
NI	1986	-	-	-	-	-	-	0,25
NI	2011	-	-	-	-	-	-	-
Óxido de 13-<i>epi</i>-Manoilo	2017	-	-	-	-	-	-	-
Abieta-8,12-dieno	2023	0,06	-	-	-	-	-	-
NI	2040	-	-	-	-	0,02	-	-
NI	2046	-	-	-	-	-	-	-
Manool	2057	1,83	-	-	-	0,02	-	-
Abietadieno	2088	0,73	0,26	-	-	1,50	-	-
NI	2114	-	-	-	-	-	-	-
NI	2122	-	-	-	-	-	-	-

ACEITES ESENCIALES EN EL GÉNERO *ROSMARINUS* L. DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

COMPUESTOS	IK	M7 AGOSTO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE	M10 NOVIEMBRE	M11 DICIEMBRE	M12 ENERO	M13 FEBRERO
Incensol	2159	0,12	-	-	0,02	-	-	-
Acetato de incensilo	2184	-	0,13	-	-	0,10	-	-
NI	2212	-	-	-	-	0,04	-	-
7- α -hidroxi-Manool	2238	-	-	-	-	-	-	0,70
NI	2246	-	-	-	-	-	-	-
NI	2258	-	-	-	-	-	-	-
NI	2283	-	-	-	-	-	-	-
NI	2298	-	-	-	-	-	-	0,11
		100	100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		81,97	93,89	89,56	96,61	88,07	85,37	74,50
SESQUITERPENOS TOTALES		11,81	3,90	8,68	1,96	7,83	11,14	17,37
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,77	0,26	0,65	0,21	0,73	0,60	0,79
DITERPENOS TOTALES		3,18	0,39	0,38	0,02	1,68	0,00	2,25
OTROS		0,18	0,57	0,13	0,08	0,17	0,16	0,24
NI		2,09	0,99	0,61	1,12	1,52	2,72	4,84

IK: Índice de Kovats; M: mes

4.4.2 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO QUIMIOSISTEMÁTICO DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR

Los resultados cuantitativos de los análisis de los aceites esenciales de las diferentes especies de *Rosmarinus* recolectados en diversas poblaciones de la Península Ibérica, en dos estados fenológicos diferentes, se detallan en la Tabla 4-27, Tabla 4-28 y Tabla 4-29.

Los individuos de *R. eriocalix* y *R. tomentosus* proceden, respectivamente, de un ejemplar recolectado y trasplantado al Real Jardín Botánico-CSIC en el año 2008, dos años antes de la recolección de muestras del presente estudio. La población de origen de *R. eriocalix* corresponde con la Pob. ERI 2. La localidad de origen de *R. tomentosus* no se corresponde con la población estudiada pues en el momento de la recolección resultó ser inaccesible.

Cabe destacar que en ninguna de las muestras estudiadas de las tres especies, incluyendo las del Real Jardín Botánico-CSIC (RJB), se detectaron diterpenos, ni fenilpropanoides en las cultivadas el RJB.

4.4.2.1 *Rosmarinus eriocalix*.

En esta especie se observa un incremento de los monoterpenos entre las dos recolecciones (junio y septiembre) de 1,16% en la población población ERI1; de 9,88% en la población población ERI2 y de 3,18% en el RJB-CSIC.

En el caso de los sesquiterpenos se puede ver una disminución del 0,99% en población ERI1; de 7,48% en población ERI2 y de 2,97% en el RJB-CSIC.

Para los fenilpropanoides, encontramos un decremento del 0,02% en población ERI1; del 0,17% en población ERI2.

Los compuestos identificados y su porcentaje pueden verse en la Tabla 4-27.

Tabla 4-27: *R. eriocalix*. Composición del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	<i>R. eriocalix</i>					
		Pob. ERI 1		Pob. ERI 2		RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
Octano	800	0,10	-	0,45	-	0,07	-
Heptanal	902	0,15	-	1,42	-	0,21	-
α -Tuyeno	930	0,73	0,87	0,46	0,64	0,70	0,65
α -Pino	939	18,33	24,52	10,22	24,79	14,86	30,70
Canfeno	954	15,50	14,45	10,27	11,33	14,72	12,40
1-Octen-3-ona	960	-	0,08	-	-	-	-
Sabineno	975	0,01	-	0,02	-	0,01	-
1-Octen-3-ol	979	0,01	0,04	0,03	0,09	0,01	0,08
β -Pino	979	0,89	0,95	0,90	1,25	1,65	1,44
3-Octanona	984	-	0,08	-	0,07	-	0,06
p-Ment-3-eno	986	0,04	-	0,03	-	-	-
β -Mirceno	991	0,80	1,31	0,65	1,41	0,92	1,47
3-Octanol	993	-	-	-	-	-	-
α -Felandreno	1003	0,67	1,56	1,02	1,95	0,46	2,00
δ -3-Careno	1011	0,05	2,25	0,08	3,04	0,05	3,53
4-Metil-decano	1015	-	-	-	-	-	-
α -Terpineno	1017	2,60	0,94	4,80	2,01	7,25	2,11
p-Cimeno	1025	3,16	5,70	4,59	5,40	1,83	4,23
Limoneno	1029	4,49	6,64	3,12	7,03	3,42	6,82
β -Felandreno	1030	4,44	8,25	2,88	8,99	3,40	9,15
1,8-cineol	1031	6,57	6,89	4,71	7,56	5,06	7,83
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	-	-	0,16	-	0,33
(E)- β -Ocimeno	1050	0,01	0,02	0,08	0,03	0,06	0,08
γ -Terpineno	1060	1,73	0,72	3,51	1,06	4,26	1,19
cis-Sabineno hidrato	1070	0,01	0,01	0,03	0,03	0,11	0,04
4,7-Dimetil-undecano	1085	0,04	-	0,40	-	0,06	-
m-Cimeno	1085	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fenchona	1087	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Terpinoleno	1089	0,39	0,45	1,04	0,71	-	0,65
p-Cimeno	1091	0,20	0,15	0,06	0,16	-	0,12
Linalool	1097	0,21	0,67	0,78	0,96	0,25	0,62
Acetato de 1-octen-3-ilo	1113	-	-	-	-	-	-
endo-Fenchol	1117	0,10	0,11	0,06	0,10	0,01	0,06
trans-Pino hidrato	1123	0,15	-	0,17	0,17	0,01	0,10
α -Canfolenal	1126	0,02	0,05	0,06	0,06	0,01	0,04
neo-allo-Ocimeno	1144	-	-	1,00	-	-	-
Alcanfor	1146	29,43	14,28	25,37	9,49	27,02	6,75
neo-Isopulegol	1148	0,05	-	-	-	-	-
Canfeno hidrato	1150	0,25	0,20	0,13	0,12	0,09	0,09
Isopulegol	1150	-	-	-	-	-	-
iso-Isopulegol	1160	-	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	<i>R. eriocalix</i>					
		Pob. ERI 1		Pob. ERI 2		RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
Isoborneol	1162	0,02	0,05	0,01	0,14	-	-
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	-	-	-	-	-	-
Pinocarvona	1165	-	-	-	0,10	0,01	0,08
δ -Terpineol	1166	0,01	-	-	-	-	-
<i>neo-iso</i> -Isopulegol	1168	-	-	-	-	-	-
Borneol	1169	3,01	4,33	7,17	5,81	3,76	3,58
Terpinen-4-ol	1177	1,31	1,00	1,60	0,93	1,38	0,61
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	0,05	-	0,46	0,08	0,01	0,09
α -Terpineol	1189	1,64	1,42	1,61	1,49	1,28	0,89
Verbenona	1205	0,01	0,45	0,11	0,73	0,07	0,33
<i>trans</i> -Piperitol	1208	0,01	0,04	0,02	0,06	0,01	0,03
<i>trans</i> -Carveol	1217	-	0,02	-	0,02	-	-
Acetato de <i>endo</i> -fenchilo	1220	-	-	-	0,01	-	-
Citronelol	1226	0,02	0,04	0,05	0,06	0,14	0,05
Pulegona	1237	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	-	-	-
Formiato de isobornilo	1239	-	0,02	-	0,03	-	-
Carvotanacetona	1247	-	-	-	-	-	-
Geraniol	1253	-	0,01	-	0,01	-	-
Piperitona	1253	0,02	0,03	0,04	0,04	0,01	0,01
Geranial	1267	-	-	-	-	-	-
isómero de la Carvona		-	-	-	-	-	-
isómero del Timol		0,11	0,09	0,19	0,04	0,10	0,04
isómero del Carvacrol		0,04	-	0,03	0,13	0,01	-
Acetato de bornilo	1289	0,57	0,25	1,49	0,58	2,83	0,82
Timol	1290	0,07	0,10	0,12	0,12	0,04	0,04
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1291	-	-	-	0,01	-	-
Carvacrol	1299	0,01	-	-	-	-	-
Piperitenona	1343	-	-	-	0,01	-	-
Eugenol	1359	0,10	0,08	0,21	0,03	-	-
(<i>Z</i>)- β -Damascenona	1364	-	0,03	-	-	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	-	0,07	-	-
α -Ylangueno	1375	-	-	-	-	-	-
α -Copaeno	1377	-	-	-	0,01	-	-
Metil eugenol	1404	-	-	-	-	-	-
(<i>E</i>)-Cariofileno	1419	0,68	0,27	0,91	0,14	1,13	0,33
Neril acetona	1436	-	-	0,01	-	-	-
(<i>Z</i>)- β -Farneseno	1443	-	-	-	-	-	-
α -Humuleno	1455	0,46	0,26	1,02	0,24	1,30	0,39
(<i>E</i>)- β -Farneseno	1457	-	-	-	-	-	-
9- <i>epi</i> -(<i>E</i>)-Cariofileno	1466	-	-	-	-	-	-
γ -Muuroleno	1480	-	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	<i>R. eriocalix</i>					
		Pob. ERI 1		Pob. ERI 2		RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
<i>ar</i> -Curcumeno	1481	-	-	-	0,01	-	-
γ -Amorfenol	1496	-	-	-	-	-	-
α -Muuroleno	1500	-	-	-	-	-	-
β -Bisaboleno	1506	-	-	-	0,01	-	0,01
γ -Cadineno	1514	-	-	-	-	-	-
β -Sesquifelandreno	1523	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Calameneno	1529	-	-	-	-	-	-
Zonareno	1530	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Cadena-1,4-dieno	1535	-	-	-	-	-	-
<i>cis</i> -Calameneno	1540	-	-	-	-	-	-
Espatuleno	1578	-	-	2,30	0,14	-	-
Óxido de cariofileno	1583	0,11	0,06	0,87	0,10	0,25	0,07
Viridiflorol	1593	-	-	0,13	-	-	-
(<i>Z</i>)-Bisabol-11-ol	1619	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	-	-	2,91	-	0,13	-
(<i>Z</i>)-metil-jasmonato	1649	0,06	0,01	0,09	0,01	-	-
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	1670	0,24	0,12	0,04	0,06	0,34	0,05
<i>epi</i> - β -Bisabolol	1672	0,18	-	-	0,04	-	-
Kusinol	1680	-	-	-	-	-	-
<i>epi</i> - α -Bisabolol	1685	-	-	0,13	0,03	0,45	-
α -Bisabolol	1686	0,12	0,05	0,08	0,04	0,22	-
		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		97,74	98,90	88,99	98,87	95,82	99,00
SESQUITERPENOS TOTALES		1,80	0,81	8,41	0,93	3,83	0,86
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,10	0,08	0,21	0,03	0,00	0,00
DITERPENOS TOTALES		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS		0,36	0,21	2,39	0,17	0,36	0,14

IK: Índice de Kovats; Pob.: Población; ERI: *R. eriocalix*; RJB: Real Jardín Botánico-CSIC.

4.4.2.2 *Rosmarinus officinalis*

En las muestras de *R. officinalis* del sur de la Península Ibérica se observa un incremento en los monoterpenos entre las dos recolecciones (junio y septiembre) de 5,51% en la población Pob. OFF1; una disminución del 3,20% en la población Pob. OFF2 y un aumento del 0,40% en el RJB.

En el caso de los sesquiterpenos encontramos una disminución del 5,65% en Pob. OFF1; un aumento del 3,54% en Pob. OFF2 y una disminución del 0,20% en el RJB-CSIC.

Los fenilpropanoides presentan unas variaciones mínimas: un incremento de 0,01% en Pob. OFF1; del 0,03% en Pob. OFF2 y 0,01 en el RJB-CSIC.

Los compuestos identificados y su porcentaje pueden verse en la Tabla 4-28.

Tabla 4-28: *R. officinalis*. Composición del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	<i>R. officinalis</i>					
		Pob. OFF 1		Pob. OFF 2		OFF RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
Octano	800	-	-	0,08	-	0,08	-
Heptanal	902	-	-	0,25	-	0,25	-
α -Tuyeno	930	0,41	0,53	0,49	0,34	0,29	0,67
NI	932	-	-	-	-	-	-
α -Pino	939	16,05	26,81	24,96	17,08	42,46	32,88
Canfeno	954	7,47	10,45	9,77	7,40	4,00	12,52
1-Octen-3-ona	960	0,01	-	-	-	-	-
Sabineno	975	0,01	-	0,01	-	0,01	-
1-Octen-3-ol	979	0,01	0,10	0,07	0,10	-	0,11
β -Pino	979	2,12	1,30	2,83	0,95	2,19	1,38
3-Octanona	984	0,01	0,08	0,07	0,05	-	0,09
p-Ment-3-eno	986	-	-	-	-	-	-
β -Mirceno	991	0,86	1,47	2,09	1,27	4,00	1,57
3-Octanol	993	0,01	-	-	-	-	-
α -Felandreno	1003	0,19	1,93	1,81	1,21	0,43	2,25
δ -3-Careno	1011	-	3,35	3,71	3,84	-	4,06
4-Metil-decano	1015	-	-	-	-	-	-
α -Terpineno	1017	0,48	0,94	1,56	0,34	1,09	1,11
p-Cimeno	1025	1,42	4,54	1,77	6,42	0,95	4,32
Limoneno	1029	3,24	7,28	6,21	6,34	4,81	7,02
β -Felandreno	1030	3,08	9,75	8,06	8,25	4,01	10,03
1,8-cineol	1031	5,29	8,50	14,14	9,71	5,38	8,52
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	0,01	-	-	-	0,38
(E)- β -Ocimeno	1050	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,07
γ -Terpineno	1060	1,19	0,52	1,54	0,87	2,81	0,44
cis-Sabineno hidrato	1070	0,01	0,02	0,05	0,01	0,19	-
4,7-Dimetil-undecano	1085	0,01	-	0,04	-	0,09	-
m-Cimeneno	1085	0,01	0,01	-	-	-	0,01
Fenchona	1087	-	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02
Terpinoleno	1089	0,90	0,71	1,13	0,38	1,64	0,62
p-Cimeneno	1091	-	0,17	0,01	0,19	0,01	0,14
Linalool	1097	1,32	1,07	0,94	1,55	2,84	0,91
Acetato de 1-octen-3-ilo	1113	-	-	-	-	-	-
endo-Fenhol	1117	-	0,10	-	0,24	-	0,08
trans-Pino hidrato	1123	-	0,15	0,09	-	0,13	-

COMPUESTOS	IK	<i>R. officinalis</i>					
		Pob. OFF 1		Pob. OFF 2		OFF RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
α -Canfolenal	1126	0,01	0,09	-	0,24	-	0,04
<i>neo-allo</i> -Ocimeno	1144	-	-	0,14	-	0,20	-
Alcanfor	1146	29,73	9,12	5,95	9,23	5,08	3,63
<i>neo</i> -Isopulegol	1148	0,29	-	-	-	0,34	-
Canfeno hidrato	1150	-	0,10	0,04	0,18	0,01	0,08
Isopulegol	1150	-	-	-	-	-	-
<i>iso</i> -Isopulegol	1160	-	-	-	-	-	-
Isoborneol	1162	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Pinocanfona	1163	-	-	-	-	0,33	-
Pinocarvona	1165	0,27	0,19	0,14	0,52	-	0,11
δ -Terpineol	1166	-	-	-	-	-	-
<i>neo-iso</i> -Isopulegol	1168	-	-	-	-	-	-
Borneol	1169	11,20	6,02	5,58	9,21	1,28	3,96
Terpinen-4-ol	1177	1,18	0,64	0,74	1,55	0,84	0,42
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1183	0,01	0,19	-	0,01	-	0,12
α -Terpineol	1189	1,77	1,32	1,61	2,69	1,30	0,82
Verbenona	1205	2,29	0,90	1,80	3,32	7,55	0,64
<i>trans</i> -Piperitol	1208	-	0,05	0,01	0,07	0,01	0,04
<i>trans</i> -Carveol	1217	0,01	0,05	-	0,01	0,01	0,02
Acetato de <i>endo</i> -fenchilo	1220	-	-	-	-	-	-
Citronelol	1226	0,42	-	-	0,01	-	-
Pulegona	1237	0,01	0,05	-	-	-	0,06
(<i>E</i>)-Ocimenona	1238	-	-	-	-	0,12	-
Formiato de isobornilo	1239	-	0,08	-	0,02	-	0,01
Carvotanacetona	1247	-	-	-	-	-	-
Geraniol	1253	0,01	-	-	0,01	-	-
Piperitona	1253	-	0,02	-	0,04	-	0,02
Geranial	1267	0,01	-	-	0,01	0,55	-
isómero de la Carvona		-	-	-	-	-	0,03
isómero del Timol		0,01	0,04	-	0,32	-	-
isómero del Carvacrol		-	-	-	-	-	0,02
Acetato de bornilo	1289	2,22	0,44	1,82	1,57	4,00	0,22
Timol	1290	0,01	0,07	-	0,36	-	0,04
<i>p</i> -Cimen-8-ol	1291	-	-	-	-	-	-
Carvacrol	1299	-	-	-	-	-	-
Piperitenona	1343	-	0,01	-	0,01	-	0,01
Eugenol	1359	-	0,02	-	0,03	-	0,01
(<i>Z</i>)- β -Damascenona	1364	0,01	-	-	-	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	-	-	-	-
α -Ylangueno	1375	-	0,03	-	0,01	-	-
α -Copaeno	1377	-	-	-	-	-	0,02
Metil eugenol	1404	0,01	-	-	-	-	-

COMPUESTOS	IK	<i>R. officinalis</i>					
		Pob. OFF 1		Pob. OFF 2		OFF RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
(<i>E</i>)-Cariofileno	1419	2,93	0,28	0,22	0,24	0,58	0,13
Neril acetona	1436	0,01	-	-	-	-	-
(<i>Z</i>)- β -Farneseno	1443	-	-	-	-	-	-
α -Humuleno	1455	0,43	0,16	0,26	0,14	0,11	0,11
(<i>E</i>)- β -Farneseno	1457	0,01	-	-	-	-	-
9- <i>epi</i> -(<i>E</i>)-Cariofileno	1466	-	0,01	-	-	-	0,01
γ -Muuroleno	1480	-	0,01	-	-	-	0,01
<i>ar</i> -Curcumeno	1481	-	-	-	0,01	-	0,01
γ -Amorfenol	1496	0,01	-	-	-	-	-
α -Muuroleno	1500	-	-	-	-	-	-
β -Bisaboleno	1506	0,44	0,02	-	0,22	-	0,01
γ -Cadineno	1514	0,01	-	-	-	-	0,01
β -Sesquifelandreno	1523	0,01	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Calameneno	1529	-	0,01	-	-	-	0,01
Zonareno	1530	-	-	-	-	-	0,02
<i>trans</i> -Cadina-1,4-dieno	1535	-	-	-	-	-	0,01
<i>cis</i> -Calameneno	1540	0,01	-	-	-	-	-
Espatulanol	1578	-	-	-	-	-	-
Óxido de cariofileno	1583	1,65	0,12	-	0,51	-	0,05
Viridiflorol	1593	-	-	-	-	-	-
(<i>Z</i>)-Bisabol-11-ol	1619	-	0,02	-	-	-	0,01
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	-	-	-	-	-	-
(<i>Z</i>)-metil-jasmonato	1649	-	-	-	-	-	0,01
14-hidroxi-9- <i>epi</i> -Cariofileno	1670	0,91	0,10	-	1,55	-	0,04
<i>epi</i> - β -Bisabolol	1672	-	-	-	-	-	-
Kusinol	1680	-	-	-	-	-	0,02
<i>epi</i> - α -Bisabolol	1685	-	-	-	-	-	0,01
α -Bisabolol	1686	-	0,03	-	1,34	-	0,01
		100	100	100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		93,51	99,03	99,01	95,81	98,89	99,28
SESQUITERPENOS TOTALES		6,43	0,78	0,48	4,01	0,69	0,49
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,01	0,02	0,00	0,03	0,00	0,01
DITERPENOS TOTALES		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS		0,05	0,17	0,51	0,15	0,42	0,21

IK: Índice de Kovats; Pob.: Población; OFF: *R. officinalis*; RJB: Real Jardín Botánico-CSIC.

4.4.2.3 *Rosmarinus tomentosus*.

En esta especie se aprecia en los monoterpenos un incremento del 24,22% en la población Pob. TOM1 y del 54,30% en el RJB

Para el caso de los sesquiterpenos encontramos una disminución del 19,33% en Pob. TOM1 y del 40,22% en el RJB.

En el caso de los fenilpropanoides, no hay presencia de los mismos en Pob. TOM1 y en el caso del RJB se da un aumento del 0,02% en el RJB.

Los compuestos identificados y su porcentaje pueden verse en la Tabla 4-29.

Tabla 4-29: *R. tomentosus*. Composición del aceite esencial.

COMPUESTOS	IK	<i>R. tomentosus</i>			
		Pob. TOM 1		TOM RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
Octano	800	1,45	-	2,64	-
Heptanal	902	1,71	-	8,41	-
α -Tuyeno	930	0,43	0,65	-	0,54
α -Pino	939	6,78	28,46	1,56	27,50
Canfeno	954	6,09	11,75	1,67	10,67
1-Octen-3-ona	960	0,09	-	0,04	-
Sabineno	975	0,01	-	0,01	-
1-Octen-3-ol	979	0,16	0,10	0,04	0,10
β -Pino	979	1,52	1,40	0,04	1,22
3-Octanona	984	0,17	0,11	0,04	0,08
p-Ment-3-eno	986	-	-	-	-
β -Mirceno	991	0,73	1,52	0,73	1,53
3-Octanol	993	0,43	0,01	0,01	-
α -Felandreno	1003	0,12	2,06	0,04	2,19
δ -3-Careno	1011	-	3,61	-	3,86
4-Metil-decano	1015	0,63	-	-	-
α -Terpineno	1017	0,39	0,98	2,94	1,00
p-Cimeno	1025	0,63	4,39	3,18	4,82
Limoneno	1029	2,67	7,29	1,19	7,86
β -Felandreno	1030	1,91	9,77	0,98	10,73
1,8-cineol	1031	0,71	8,32	0,34	9,01
(Z)- β -Ocimeno	1037	-	0,01	-	0,01
(E)- β -Ocimeno	1050	0,01	0,03	-	0,03
γ -Terpineno	1060	0,78	0,47	1,05	0,46
cis-Sabineno hidrato	1070	0,08	0,01	-	0,01
4,7-Dimetil-undecano	1085	0,43	-	3,11	-
m-Cimeneno	1085	0,01	0,01	-	0,01
Fenchona	1087	0,01	0,02	-	0,02
Terpinoleno	1089	2,10	0,73	4,59	0,72
p-Cimeneno	1091	0,01	0,16	-	0,18
Linalool	1097	2,55	1,00	4,47	1,13

COMPUESTOS	IK	<i>R. tomentosus</i>			
		Pob. TOM 1		TOM RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
Acetato de 1-octen-3-ilo	1113	0,04	-	-	-
endo-Fencol	1117	0,34	0,08	-	0,10
trans-Pineno hidrato	1123	0,01	0,14	-	0,18
α -Canfolenal	1126	0,02	0,06	1,55	0,06
neo-allo-Ocimeno	1144	-	-	-	-
Alcanfor	1146	25,67	7,54	6,03	5,60
neo-Isopulegol	1148	0,54	0,11	0,04	-
Canfeno hidrato	1150	-	0,09	-	0,10
Isopulegol	1150	0,01	-	-	-
iso-Isopulegol	1160	0,13	-	-	-
Isoborneol	1162	-	-	-	-
trans-Pinocanfona	1163	-	-	-	-
Pinocarvona	1165	0,01	0,10	-	0,12
δ -Terpineol	1166	-	-	-	-
neo-iso-Isopulegol	1168	-	0,08	-	-
Borneol	1169	3,09	4,67	0,04	5,86
Terpinen-4-ol	1177	0,52	0,65	0,04	0,62
p-Cimen-8-ol	1183	0,01	0,06	-	0,19
α -Terpineol	1189	1,05	1,12	0,04	1,42
Verbenona	1205	1,74	0,62	0,04	0,78
trans-Piperitol	1208	0,01	0,05	-	0,06
trans-Carveol	1217	-	0,01	-	0,01
Acetato de endo-fenchilo	1220	-	0,01	-	0,01
Citronelol	1226	0,19	0,01	-	-
Pulegona	1237	0,13	0,01	-	0,04
(E)-Ocimenona	1238	-	-	-	-
Formiato de isobornilo	1239	-	0,02	-	0,02
Carvotanacetona	1247	-	0,01	-	-
Geraniol	1253	0,16	-	-	-
Piperitona	1253	-	0,02	-	0,03
Geranial	1267	0,01	0,02	0,85	-
isómero de la Carvona		-	-	-	-
isómero del Timol		0,01	0,02	-	0,04
isómero del Carvacrol		-	0,02	-	-
Acetato de bornilo	1289	12,97	0,58	13,49	0,44
Timol	1290	0,01	0,05	-	0,06
p-Cimen-8-ol	1291	-	0,01	-	-
Carvacrol	1299	-	-	-	-
Piperitenona	1343	-	0,01	-	-
Eugenol	1359	-	0,01	-	0,02
(Z)- β -Damascenona	1364	0,01	-	-	-
Ciclosativeno	1371	-	-	-	-
α -Ylangueno	1375	-	-	-	0,04

COMPUESTOS	IK	<i>R. tomentosus</i>			
		Pob. TOM 1		TOM RJB	
		Viaje I	Viaje II	Viaje I	Viaje II
α -Copaeno	1377	0,01	-	-	-
Metil eugenol	1404	0,01	-	-	-
(E)-Cariofileno	1419	9,81	0,39	13,45	0,16
Neril acetona	1436	0,49	0,02	0,04	-
(Z)- β -Farneseno	1443	0,30	-	-	-
α -Humuleno	1455	0,51	0,16	1,20	0,20
(E)- β -Farneseno	1457	0,56	-	0,04	-
9- <i>epi</i> -(E)-Cariofileno	1466	-	-	-	0,01
γ -Muuroleno	1480	-	-	-	-
<i>ar</i> -Curcumeno	1481	-	-	-	-
γ -Amorfeno	1496	0,01	0,01	2,45	-
α -Muuroleno	1500	-	0,01	2,98	-
β -Bisaboleno	1506	2,52	0,06	4,79	-
γ -Cadineno	1514	-	-	1,68	-
β -Sesquifelandreno	1523	0,33	0,01	4,78	-
<i>trans</i> -Calameneno	1529	-	-	-	0,01
Zonareno	1530	-	-	-	-
<i>trans</i> -Cadina-1,4-dieno	1535	-	-	-	-
<i>cis</i> -Calameneno	1540	-	-	1,22	-
Espatulenol	1578	-	-	-	-
Óxido de cariofileno	1583	4,14	0,20	3,67	0,06
Viridiflorol	1593	-	-	-	-
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	-	0,01	-	0,02
(Z)-metil-jasmonato	1649	-	-	-	-
14-hidroxi-9- <i>epi</i> -Cariofileno	1670	-	0,06	-	0,04
(Z)-Bisabol-11-ol	1619	-	-	-	-
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	1641	-	-	0,82	-
(Z)-metil-jasmonato	1649	0,01	-	-	-
14-hidroxi-9- <i>epi</i> -Cariofileno	1670	1,57	-	3,70	-
<i>epi</i> - β -Bisabolol	1672	-	-	-	-
Kusinol	1680	-	-	-	-
<i>epi</i> - α -Bisabolol	1685	-	-	-	-
α -Bisabolol	1686	0,46	-	-	0,01
		100	100	100	100
MONOTERPENOS TOTALES		74,64	98,86	44,94	99,24
SESQUITERPENOS TOTALES		20,24	0,91	40,78	0,56
FENILPROPANOIDES TOTALES		0,01	0,01	0,00	0,02
DITERPENOS TOTALES		0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS		5,11	0,22	14,28	0,18

IK: Índice de Kovats; Pob.: Población; TOM: *R. tomentosus*; RJB: Real Jardín Botánico-CSIC.

DISCUSIÓN

5 DISCUSIÓN

Como ya se ha dicho, los aceites esenciales pueden ser atrayentes o repelentes de insectos, nematodos... Por ejemplo, se ha visto que β -mirceno actúa como atrayente del nematodo de la madera del pino *Bursaphelenchus xylophilus*, que en su cuarta fase larvaria pasa del coleóptero *Monochamus alternatus*, que actúa como vector, al árbol vivo produciendo así la infección. Parece ser que es β -mirceno el responsable en gran medida del paso desde el vector al árbol vivo (Ishikawa *et al.*, 1986). En este caso, esta capacidad atrayente parece ir en contra de la planta, pero confirma la capacidad de los compuestos volátiles de atraer diferentes especies animales.

Algunas de las estrategias defensivas de las plantas frente a la herbivoría es hacer las hojas menos atractivas como alimento o tóxicas gracias al contenido en taninos o alcaloides, por ejemplo. En cambio, los compuestos volátiles realizan estas funciones de defensa atrayendo a depredadores y parásitos de los herbívoros (Agrawal, 2007) y favoreciendo la comunicación planta-planta para inducir la síntesis de estos volátiles defensivos en plantas cercanas que aún no se han visto afectadas por los herbívoros (Holopainen, 2004).

5.1 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA Y RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS POBLACIONES DEL ESTUDIO FENOLÓGICO.

Las localidades de muestreo se corresponden con un clima mediterráneo. Según los datos termopluviométricos, la población silvestre RO se encuentra en el piso mesomediterráneo superior pero rozando el piso supramediterráneo y en el límite superior de poco continental. Corresponde con un clima mediterráneo templado. La población cultivada ROU y la asilvestrada ROCF y ROCS, en cambio, están en el piso mesomediterráneo medio, poco continental que corresponde con un clima mediterráneo semiárido.

Para la población silvestre RO el mayor rendimiento obtenido fue en el mes de agosto (2,08 mL esencia/100 g planta fresca) y el menor en abril (0,47 mL esencia/100 g planta fresca) (ver Tabla 5-1).

En la población cultivada ROU, de nuevo fue el mes de agosto el que presentó mayor rendimiento (0,22 mL esencia/100 g planta fresca); el menor rendimiento se dio en los meses de marzo y abril (0,12 mL esencia/100 g planta fresca) (ver Tabla 5-1).

En la población asilvestrada, para las muestras correspondientes a ROCF los rendimientos fueron (mayor y menor respectivamente) 0,21 mL esencia/100 g planta fresca en el mes de julio y 0,09 mL esencia/100 g planta fresca en abril; para las muestras ROCS, en cambio, el mayor rendimiento fue en el mes de septiembre (0,37 mL esencia/100 g planta fresca) y el menor se repitió en los meses de marzo y octubre (0,23 mL esencia/100 g planta fresca) (ver Tabla 5-1).

Una de las funciones del aceite esencial es absorber calor de la planta para evaporarse y de esta forma favorecer una disminución de la temperatura interna de la misma, con lo que disminuye la evapotranspiración. Por esta razón los rendimientos más altos se obtienen en el periodo seco.

En todas las muestras cuyo tratamiento tras la recolección fue la congelación —RO, ROU, ROCF—, las épocas en las que se dan los máximos y mínimos rendimientos coinciden entre ellas (verano y primavera respectivamente) y los máximos siempre se han dado en el periodo seco (Gráfica 5-1). El que, a pesar de seguir la misma pauta de comportamiento, de las tres poblaciones sea RO la que presenta valores más altos está relacionado con la localidad. RO está prácticamente en el piso supramediterráneo, donde las temperaturas son ligeramente más bajas, por lo que la necesidad de disminuir la evapotranspiración es menor y por lo tanto también es menor el gasto del aceite esencial.

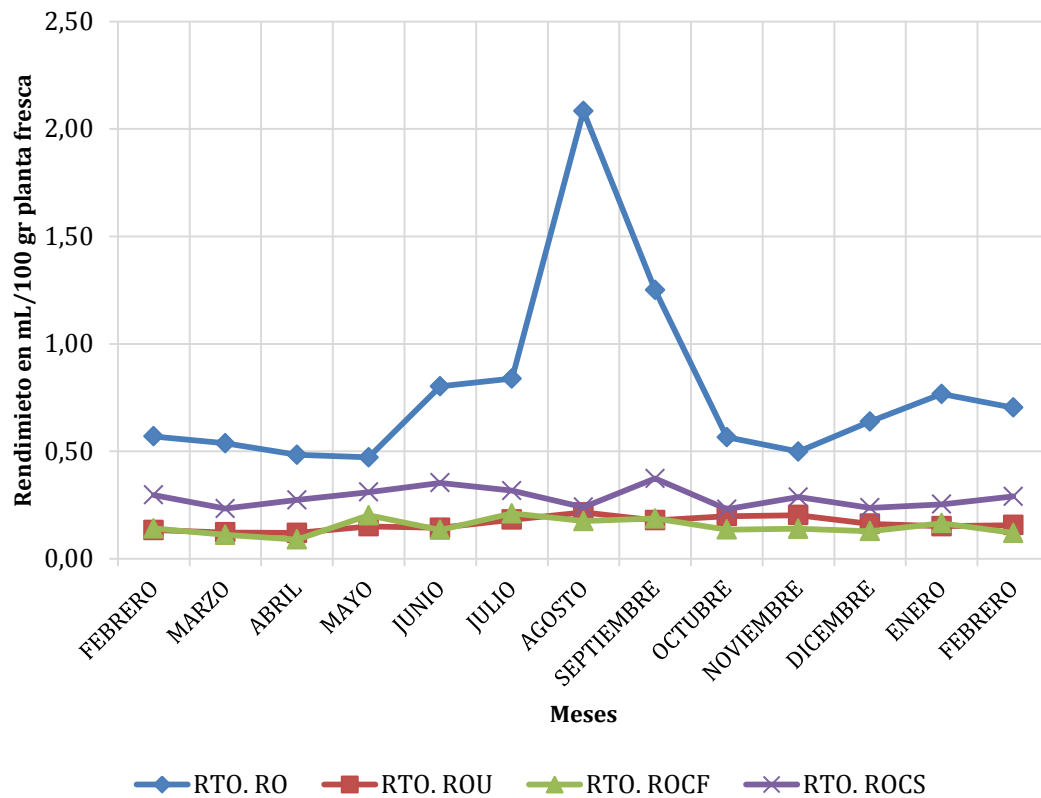
Kaloustian *et al.* (2002) encontraron un comportamiento similar tras un periodo seco al analizar hojas frescas de *R. officinalis* creciendo en Francia. Y la producción de aceite esencial de *R. officinalis* en Túnez, que normalmente está entre 60 y 70 toneladas, disminuyó a menos de 20 toneladas en 2002 y 2003 debido a los periodos de sequía que se dieron esos dos años (Figueiredo *et al.*, 2008).

Los rendimientos observados en la misma población pero con tratamientos post-recolección diferentes (congelado y secado a temperatura ambiente) no son comparables porque 100 g de planta fresca no tienen la misma materia vegetal que 100 g de planta seca.

La población cultivada ROU y la población asilvestrada ROCF no presentan diferencias apreciables entre ellas en cuanto al comportamiento de los rendimientos a lo largo del periodo de recolección y ambas poblaciones se mantienen en unos rangos similares (0,09-0,22 mL esencia/100 g planta fresca). Se puede inferir que los cuidados de jardinería que recibió ROU no influyeron en la necesidad de minimizar la evapotranspiración durante el periodo seco y por tanto no afectaron ni positiva ni negativamente en el rendimiento del aceite esencial.

Outaleb *et al.* (2015), para *R. officinalis* creciendo en tres localidades de Argelia (una cultivada y dos silvestres), encontraron diferencias en los rendimientos en función de la localidad y al igual que en este estudio, parece que las labores de cultivo no afectaron al rendimiento.

Sotomayor Sánchez *et al.* (2009) encontraron para *R. officinalis* creciendo en Murcia a diferentes altitudes que existía una correlación positiva entre el rendimiento del aceite esencial y la altitud a la que se había recolectado la muestra.



Gráfica 5-1: Variación del rendimiento a lo largo del ciclo fenológico para las cuatro poblaciones estudiadas. Rto.: rendimiento en mL esencia/100 g planta fresca.

Tabla 5-1: Rendimientos medios de las poblaciones RO, ROU, ROCF y ROCS.

MESES	RTO. RO	RTO. ROU	RTO. ROCF	RTO. ROCS
febrero	0,57	0,13	0,14	0,30
marzo	0,54	0,12	0,11	0,23
abril	0,48	0,12	0,09	0,27
mayo	0,47	0,15	0,20	0,31
junio	0,80	0,14	0,13	0,35
julio	0,84	0,18	0,21	0,32
agosto	2,08	0,22	0,18	0,24
septiembre	1,25	0,18	0,19	0,37
octubre	0,57	0,20	0,14	0,23
noviembre	0,50	0,20	0,14	0,29
diciembre	0,64	0,16	0,13	0,24
enero	0,77	0,15	0,16	0,25
febrero	0,70	0,16	0,12	0,29

Rto: rendimiento en mL esencia/100 g planta fresca; RO: población silvestre; ROU: población cultivada; ROCF: población asilvestrada, muestras congeladas; ROCS: población asilvestrada, muestras secas. En negrita los máximos y los mínimos.

Es ampliamente conocido que en condiciones de sequía aumenta la concentración de terpenos en las hojas. En estas situaciones se produce un almacenamiento de carbono que puede destinarse a la síntesis de terpenos para ejercer un papel protector, por ejemplo, frente al estrés oxidativo (debido a la formación de especies reactivas al oxígeno, ERO) y la fotoinhibición provocadas por alta radiación solar y altas temperaturas. Para neutralizar estas especies reactivas al oxígeno las plantas aumentan la síntesis de compuestos antioxidantes, algunos de los cuales proceden de la fracción terpénica. En el caso de *R. officinalis*, se ha visto que diterpenos derivados del abietano aumentan en las hojas cuando la planta es sometida a sequía (Llusià *et al.*, 2006).

En la población silvestre RO, creciendo en el piso mesomediterráneo pero en el límite con el supramediterráneo, el mes más cálido durante el muestreo realizado fue julio. En dicho mes y en agosto se encuentran niveles altos de abietadieno (0,13% y 0,14% respectivamente) como protección frente a los radicales libres formados como consecuencia de la sequía estival; los mayores niveles se dieron en el mes de marzo (0,74%). Esto último puede estar relacionado con un descenso brusco de precipitaciones que se dio en el mes de febrero como se aprecia en el climodiagrama de esta población (Gráfica 4-1). Las Tabla 5-2 y Tabla 5-3 reflejan los porcentajes relativos de abietadieno en la población RO y las temperaturas y precipitaciones medias en los meses anteriores y posteriores a marzo y julio.

Tabla 5-2: RO. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.

RO COMPUESTO	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M5 JUNIO	M6 JULIO	M7 AGOSTO
Abietadieno	0,10	0,74	0,12	0,13	0,14

RO: población silvestre *Rosmarinus officinalis*; M: mes. En negrita el máximo.

Tabla 5-3: RO. Temperaturas y precipitaciones medias en relación con la presencia de abietadieno.

MESES	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIÓN MEDIA
ENERO	5,05	120,85
FEBRERO	6,55	31,2
MARZO	8,6	79,2
JUNIO	20,95	21,7
JULIO	22,05	8,3
AGOSTO	21,9	10,85

Temperatura media en °C; Precipitación media en mm.

En la población cultivada ROU la producción de abietadieno (ver Tabla 5-4) no sigue un patrón que pueda asociarse al periodo seco. Fue detectado en mayo (0,06%) y junio (0,56%) y sin embargo en los meses más cálidos y con menores precipitaciones (julio y agosto) no se encontró (Tabla 5-5). Esto puede ser debido a que todo el que se produjo en

junio, que además es el máximo, se utilizó en los meses de verano como antioxidante y no tuvo que sintetizar más puesto que los riegos hicieron que no sufriera la sequía propia del verano mediterráneo en la misma medida que la población silvestre.

El porcentaje relativo del mes de marzo (0,52%) pudo ser debido a una reacción a la bajada drástica de las precipitaciones que se observan en el mes anterior (Grafica 4-2).

Tabla 5-4: ROU. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.

ROU COMPUESTO	M1 FEBRERO	M2 MARZO	M4 MAYO	M5 JUNIO	M8 SEPTIEMBRE	M9 OCTUBRE
Abietadieno	0,21	0,52	0,06	0,56	0,04	0,08

ROU: población cultivada *Rosmarinus officinalis*; M: mes. En negrita el máximo.

Tabla 5-5: ROU. Temperaturas y precipitaciones medias en relación con la presencia de abietadieno.

MESES	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIÓN MEDIA
ENERO	7,20	65,50
FEBRERO	8,70	23,00
MARZO	11,70	61,65
ABRIL	13,70	33,90
MAYO	16,15	41,75
JUNIO	23,40	15,70
JULIO	24,50	2,75
AGOSTO	24,60	4,00
SEPTIEMBRE	20,00	25,55
OCTUBRE	15,50	67,30
NOVIEMBRE	9,00	51,65

Temperatura media en °C; Precipitación media en mm.

La población asilvestrada —ROCF y ROCS— crece en una colina sin apenas cobertura arbórea en el piso mesomediterráneo. Cabe esperar, por tanto, un periodo de sequía más severo que en la población silvestre RO o en la población cultivada ROU. Durante los años de muestreo, los porcentajes relativos más altos encontrados para Abietadieno en las muestras que se congelaron —ROCF— (ver Tabla 5-6) se dieron en julio (0,80%) y agosto (1,57%), correspondiendo con los meses más cálidos (ver Tabla 5-7).

En las muestras de ROCS (mismos individuos que ROCF pero secados al aire) se encontraron niveles altos de abietadieno en agosto (0,73%), lo que se corresponde con el mes más cálido. El nivel más alto lo encontramos en diciembre (1,50%), sin que pueda explicarse por un descenso brusco y pronunciado de las precipitaciones como en casos anteriores (ver Tabla 5-8)

Además de abietadieno se detectó, sólo en el mes de agosto, otro diterpeno derivado del abietano, el abieta-8,12-dieno (Tabla 5-8). Tanto la detección de este compuesto como

la alta concentración de abietadieno en diciembre podría ser debido a la diferencia en el tratamiento de la muestra tras la recolección.

Tabla 5-6: ROCF. Porcentajes relativos de abietadieno en los meses con presencia.

ROCF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
COMPUESTO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Abietadieno	0,14	0,08	0,11	0,04	0,05	0,80	1,57	0,12

ROCF: población asilvestrada *Rosmarinus officinalis*; M: mes. En negrita el máximo

Tabla 5-7: ROCF y ROCS. Temperaturas y precipitaciones medias en relación con la presencia de abietadieno.

MESES	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIÓN MEDIA
ENERO	7,05	64,20
FEBRERO	8,55	22,95
MARZO	11,45	59,35
ABRIL	13,70	31,50
MAYO	16,30	42,25
JUNIO	24,15	8,50
JULIO	25,05	2,25
AGOSTO	25,20	3,30
SEPTIEMBRE	20,60	28,40
OCTUBRE	15,75	67,55
NOVIEMBRE	9,10	57,85
DICIEMBRE	6,25	41,70

Temperatura media en °C; Precipitación media en mm.

Tabla 5-8: ROCS. Porcentajes relativos de Abietadieno en los meses con presencia.

ROCS	M3	M4	M7	M8	M11
COMPUESTOS	ABRIL	MAYO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
Abieta-8,12-dieno	-	-	0,06	-	-
Abietadieno	0,06	0,13	0,73	0,26	1,50

ROCS: población asilvestrada *Rosmarinus officinalis*; M: mes. En negrita el máximo.

Cabe destacar que en ninguna de las especies estudiadas para la aproximación al estudio quimiosistemático del género *Rosmarinus* en el sureste peninsular, se han detectado diterpenos. En las cultivadas en el RJB-CSIC, independientemente de su origen tampoco se encontraron fenilpropanoides. Esto puede ser debido a la variación intrínseca asociada a las técnicas analíticas empleadas, los cromatogramas eran más pobres en compuestos en comparación con los del estudio fenológico, por lo que no se han podido detectar, pero no quiere decir que no estén en la composición del aceite esencial.

En ninguna de las tres especies, incluyendo las del RJB-CSIC, se detectaron diterpenos, ni fenilpropanoides en las cultivadas en el RJB.

5.2 RENDIMIENTOS DEL ACEITE ESENCIAL EN LAS POBLACIONES DE LAS TRES ESPECIES DEL SURESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.

Las localidades donde se recolectaron las distintas especies de *Rosmarinus* en el sureste peninsular son mucho más secas que las de la provincia de Madrid, por lo que se esperan rendimientos menores, debido a un mayor uso del aceite esencial como protector frente a la evapotranspiración.

El periodo de floración de *R. officinalis* abarca todo el año, el periodo de floración de *R. tomentosus* es muy amplio (enero-marzo, mayo-julio, octubre-diciembre) y el de *R. eriocalix* es un poco más corto (enero-abril, octubre, diciembre) pues no comprende el periodo seco del verano (Morales, 2010). Sin embargo, en los muestreos realizados para este estudio se encontraron muchos individuos, tanto de *R. eriocalix* como de *R. tomentosus*, florecidos en septiembre cuando tuvo lugar el segundo viaje de recolección (Tabla 5-9).

En *R. eriocalix*, no se encontraron variaciones marcadas debidas a la época de recolección en ninguna de las dos poblaciones silvestres, aunque entre ambas (ERI1 y ERI2) sí se observaron ligeras diferencias que no pueden ser atribuibles a factores extrínsecos (Tabla 5-9).

La única población estudiada de *R. tomentosus* silvestre (Tabla 5-9) presenta prácticamente el mismo rendimiento en las dos épocas de recolección.

La variación de los rendimientos en *R. officinalis* en las poblaciones silvestres y según las épocas de recolección es bastante desigual (Tabla 5-9). Tanto en la población OFF1 como OFF2 hay un descenso en el rendimiento en septiembre que, en el caso de la población OFF1 podría atribuirse al estado fenológico. Las diferencias entre las dos poblaciones y en la misma época de recolección, se podrían explicar porque la población OFF1 se encuentra en una zona ligeramente más húmeda (río Guadalfeo) por lo que, al no aumentar tanto la temperatura interna, no necesita volatilizar aceite esencial para controlar la evapotranspiración.

En cambio, los ejemplares cultivados en el RJB-CSIC de las tres especies presentan unas diferencias muy marcadas en el rendimiento, que siempre son mayores en la recolección de junio. Mientras que en *R. tomentosus* y *R. officinalis* estas variaciones pueden deberse a la diferencia en el estado fenológico (Tabla 5-9), *R. eriocalix* se encontraba en floración en ambas épocas de muestreo por lo que no podemos explicar su variación debida factores bióticos o abióticos.

Tabla 5-9: Rendimientos medios del aceite esencial en el Viaje al Sur I y II.

Muestras	RTO. Viaje I	ESTAD. FENOL.	RTO. Viaje II	ESTAD. FENOL.
<i>R. eriocalix</i>				
Pob. ERI1	1,68	Fl	1,58	Fl
Pob. ERI2	1,07	Fl-Fr	1,13	Fl
ERI RJB	2,31	Veg	1,58	Veg
<i>R. tomentosus</i>				
Pob. TOM1	0,3	Fl	0,32	Fl
TOM RJB	2,15	Veg	0,94	Fl
<i>R. officinalis</i>				
Pob. OFF1	0,94	Fl	0,75	Veg
Pob. OFF2	1,52	Fl	0,91	Fl
OFF RJB	2,13	Veg	0,53	Fl

Pob.: Población. RJB: Real Jardín Botánico-CSIC. ERI: *R. eriocalix*; TOM: *R. tomentosus*; OFF: *R. officinalis*. Rto.: Rendimiento expresado en mL. esencia/100g planta fresca. Estad. fenol.: estado fenológico. Veg: estado vegetativo; Fl: floración; Fr: fructificación.

5.3 VARIACIÓN DE LOS COMPUESTOS MÁS REPRESENTATIVOS.

Se han elegido como componentes más representativos aquellos que presentaban una alta concentración relativa en el aceite esencial al menos en una de las poblaciones estudiadas y los que, aunque no presentaban unas concentraciones relativas elevadas, están relacionados biogénicamente con los anteriores.

Dentro de los hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos son α -pineno, canfeno, mirceno, α -terpineno, limoneno, β -felandreno, terpinoleno, p-cimeno.

Entre los monoterpenos oxigenados: 1,8-cineol, alcanfor, borneol, acetato de bornilo y verbenona.

En el grupo de los sesquiterpenos: (*E*)-cariofileno, α -humuleno, óxido de cariofileno, cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol y 14-hidroxi-9-epi-cariofileno.

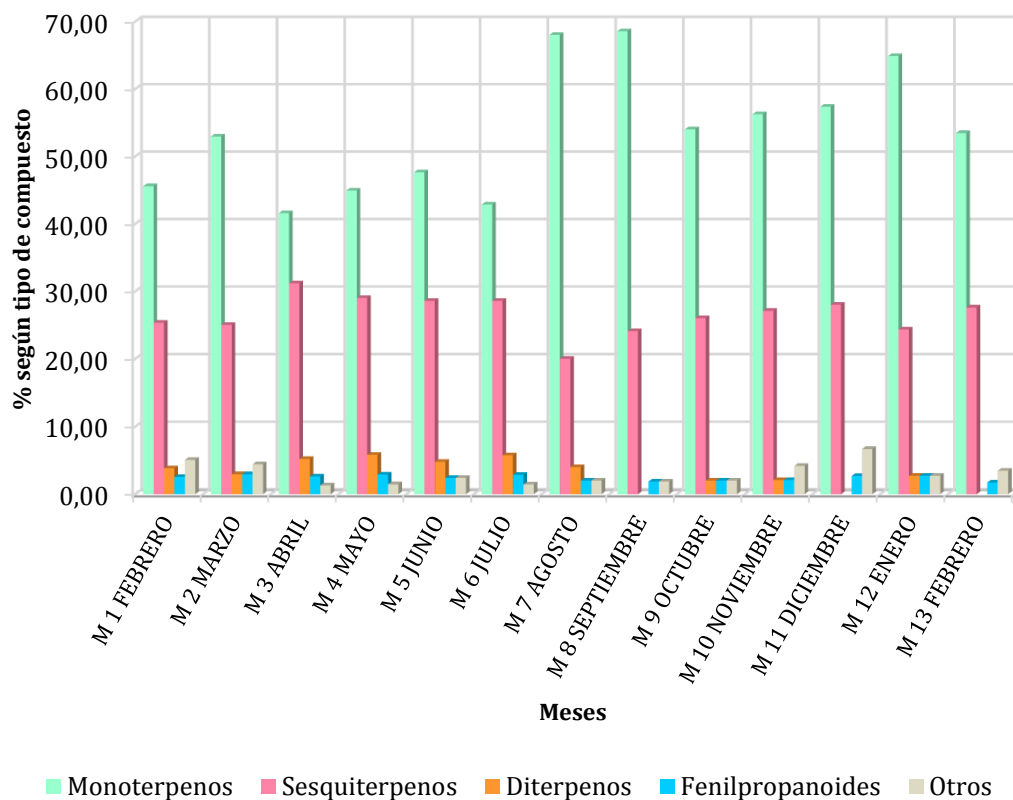
5.3.1 POBLACIONES DE *R. OFFICINALIS* DEL ESTUDIO FENOLÓGICO

La composición del aceite esencial de las poblaciones estudiadas siempre presenta mayor riqueza de monoterpenos y sesquiterpenos (Gráfica 5-2, Gráfica 5-3, Gráfica 5-4, Gráfica 5-5). El número de diterpenos encontrados siempre es muy pequeño o ni siquiera están presentes por la baja volatilidad de estos compuestos. Entre los fenilpropanoides sólo se han identificado de 1 a 2 compuestos debido a que no son los más representativos en la familia *Labiatae*.

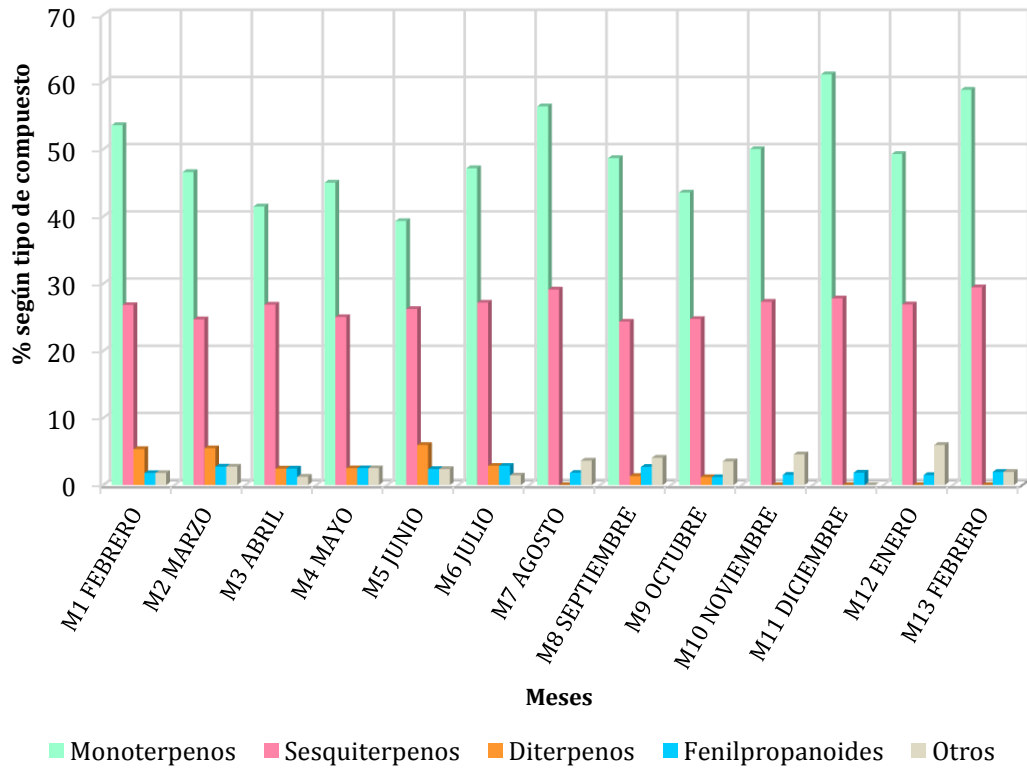
Como era de esperar, en las tres poblaciones la mayor cantidad de monoterpenos está en el periodo seco coincidiendo con un ligero descenso de los sesquiterpenos.

Respondiendo al clima en el que están creciendo, la población silvestre RO presenta mayor riqueza en el número de monoterpenos y sesquiterpenos, mientras que las otras dos poblaciones, en un clima mediterráneo árido, tienen menor número debido a que están siendo movilizados según las necesidades de la planta; probablemente por esta razón presentan un máximo de monoterpenos en diciembre. En el caso de la población cultivada ROU también influyen los cuidados de jardinería que recibe y en la población ROCF el hecho de crecer en una zona abierta sin cobertura arbórea, lo que disminuye la disponibilidad hídrica y favorece el consumo de monoterpenos por parte de la planta.

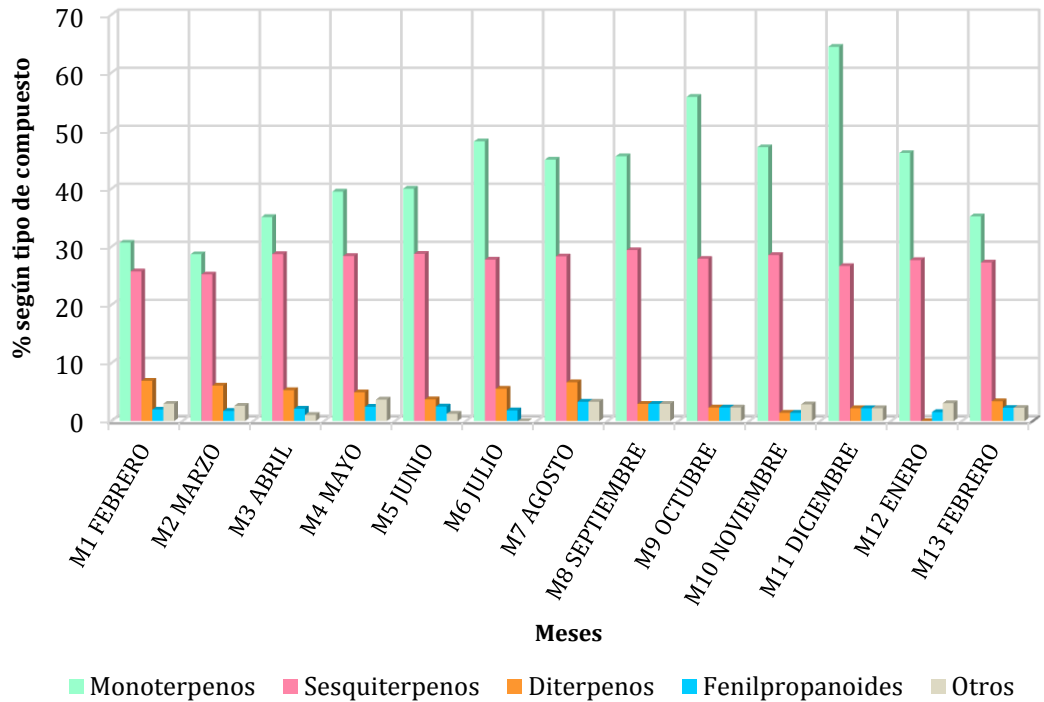
En el caso de la población asilvestrada ROCS, cuyas muestras fueron secadas al aire, se aprecia el mismo patrón entre monoterpenos y sesquiterpenos y las diferencias que se aprecian respecto a ROCF son debidas a la evaporación de los compuestos más volátiles de la muestra durante el proceso de secado.



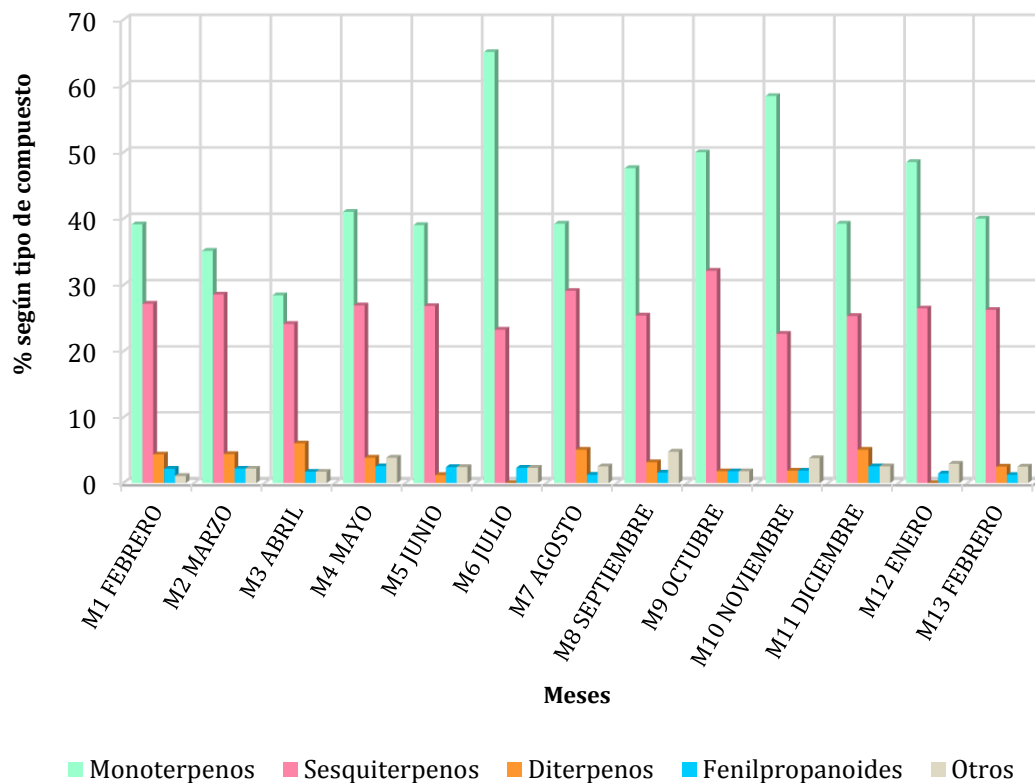
Gráfica 5-2: RO. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.
 % según tipo de compuesto: % relativo respecto del total de componentes identificados en la población.



Gráfica 5-3: ROU. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.
 % según tipo de compuesto: % relativo respecto del total de componentes identificados en la población.



Gráfica 5-4: ROCF. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.
 % según tipo de compuesto: % relativo respecto del total de componentes identificados en la población.



Gráfica 5-5: ROCS. Monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, fenilpropanoides y otros.
 % según tipo de compuesto: % relativo respecto del total de componentes identificados en la población.

En cuanto a los compuestos más representativos, el valor promedio de las cantidades mensuales de monoterpenos alifáticos, aromáticos y oxigenados más abundantes en cada población fueron:

En la población RO los compuestos β -mirceno (31,34%), alcanfor (13,32) y α -pineno (11,83%).

En ROU, por el contrario α -pineno (20,49%) seguido de borneol (10,96%) y alcanfor (9,48%). Estos tres mismos compuestos y en el mismo orden aparecen como mayoritarios en ROCF (19,7%; 10,90% y 8,87% respectivamente).

Sin embargo, en ROCS los compuestos mayoritarios son α -pineno (19,01%), terpinoleno (10,36%) y borneol (8,38%).

La variación a lo largo del ciclo fenológico de estos compuestos se observa en la Gráfica 5-6 (RO), Gráfica 5-8 (ROU), Gráfica 5-10 (ROCF) y Gráfica 5-12 (ROCS) para los hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos; para los monoterpenos oxigenados en la Gráfica 5-7 para RO, Gráfica 5-9 para ROU, Gráfica 5-11 para ROCF y Gráfica 5-13 para ROCS.

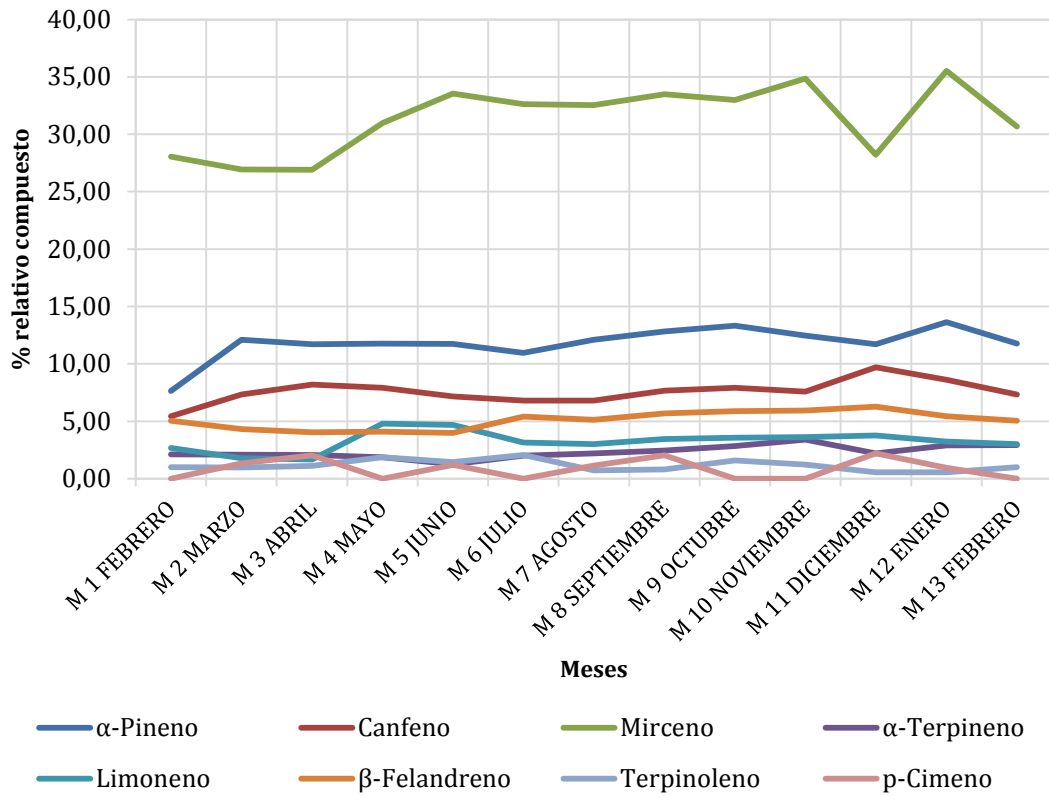
Al considerar el borneol y el acetato de bornilo, que son el alcohol y su acetato, hay que tener en cuenta que durante el proceso de destilación el acetato puede hidrolizarse y

revertir al alcohol, por lo que es difícil saber si la cantidad de uno y otro es intrínseca o debida a este proceso. En las poblaciones de *R. officinalis* estudiadas, esta relación es de 2,26% para RO; 11,98% para ROU; 12,44% para ROCF y 10,17% para ROCS, predominando en todas ellas el borneol frente al acetato de bornilo.

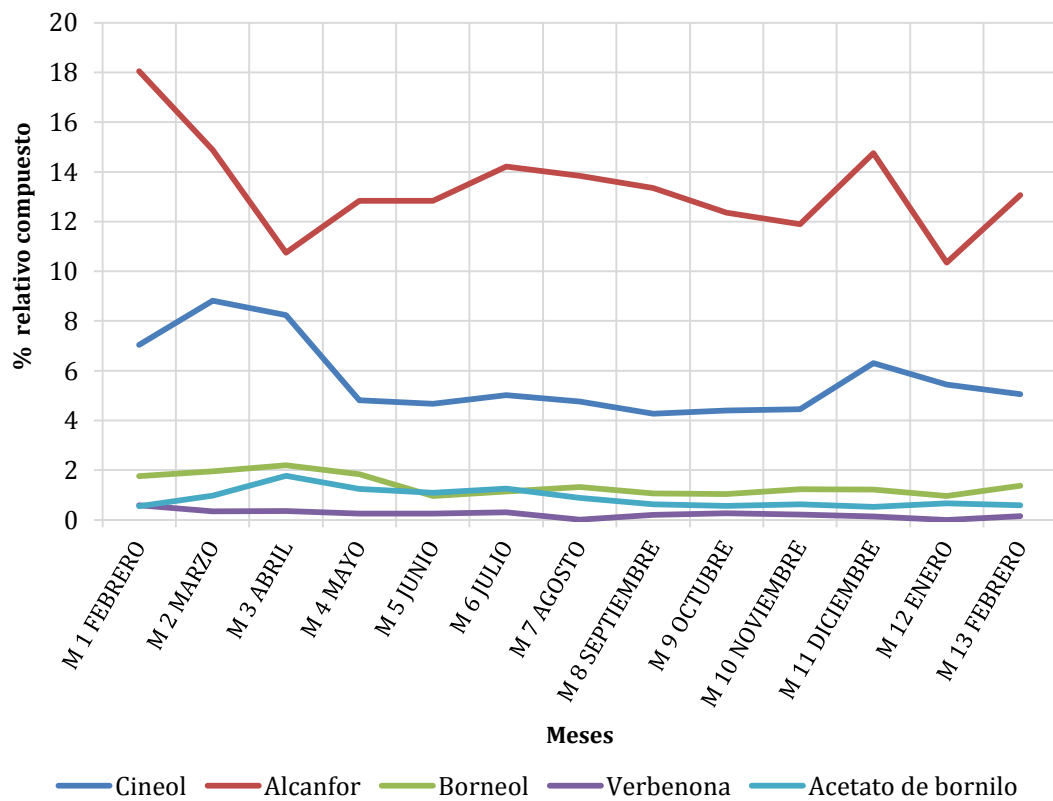
En los trabajos de otros autores se ha encontrado para *R. officinalis* en Brasil, alcanfor como componente mayoritario de seguido 1,8-cineol y mirceno (Lemos *et al.*, 2015); Ojeda-Sana *et al.* (2013), en Argentina, dieron como componentes mayoritarios α -pineno y mirceno; Viuda-Martos *et al.* (2010) 1,8-cineol, alcanfor y α -pineno para Egipto. En España y Túnez se han encontrado como mayoritarios el 1,8-cineol, alcanfor y α -pineno (Jordán *et al.*, 2013; Zaouali *et al.*, 2010).

En uno de sus estudios, Figueiredo *et al.* (2008) confirman que las cantidades relativas de aceites esenciales pueden variar en función del método de almacenamiento del material vegetal tras su recolección. Clásicamente se secaba a temperatura ambiente, lo que provoca cambios físicos y modificaciones químicas al evaporarse los compuestos volátiles, que pueden afectar a su apariencia y aroma. Por otro lado este secado reduce el crecimiento de microorganismos sobre el material vegetal y previene determinadas reacciones bioquímicas negativas.

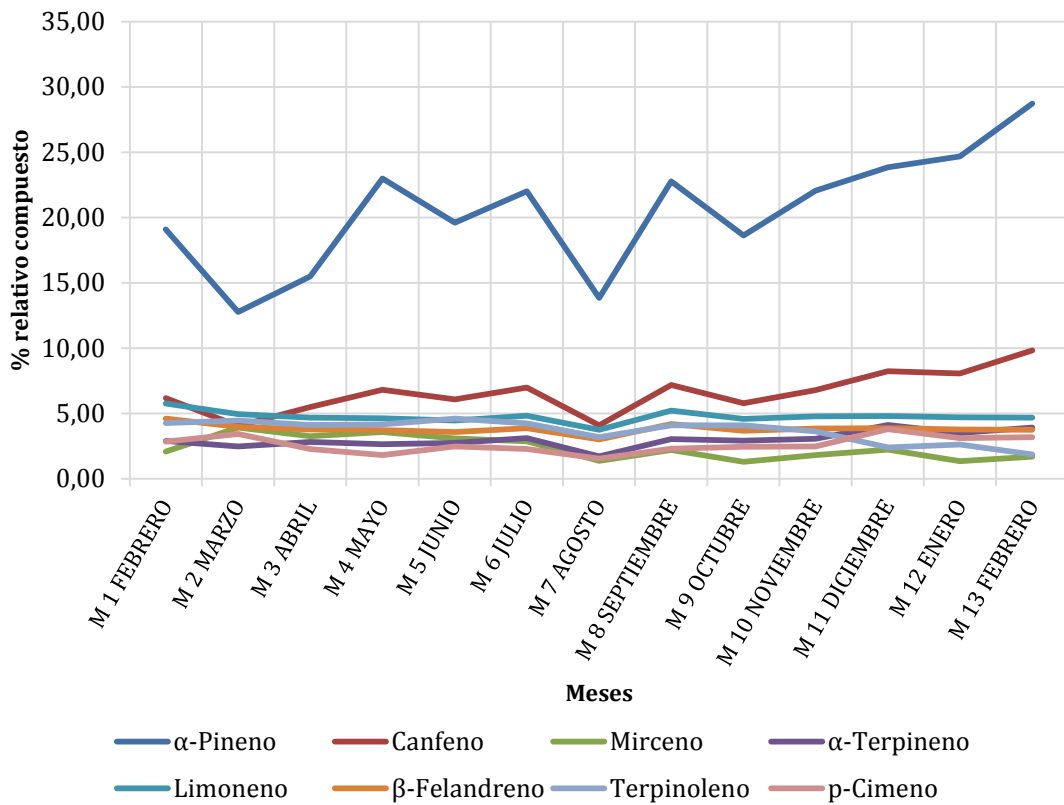
Así pues, la luz, la humedad, la temperatura y la edad del material afectan al rendimiento y a la composición de la fracción volátil. El tipo de estructura secretora que presente la planta también afecta. Las estructuras más externas como los tricomas que presenta el género *Rosmarinus* favorecen las transformaciones en mayor medida que las estructuras internas y además son más vulnerables a daños mecánicos producidos por la manipulación y transporte del material vegetal.



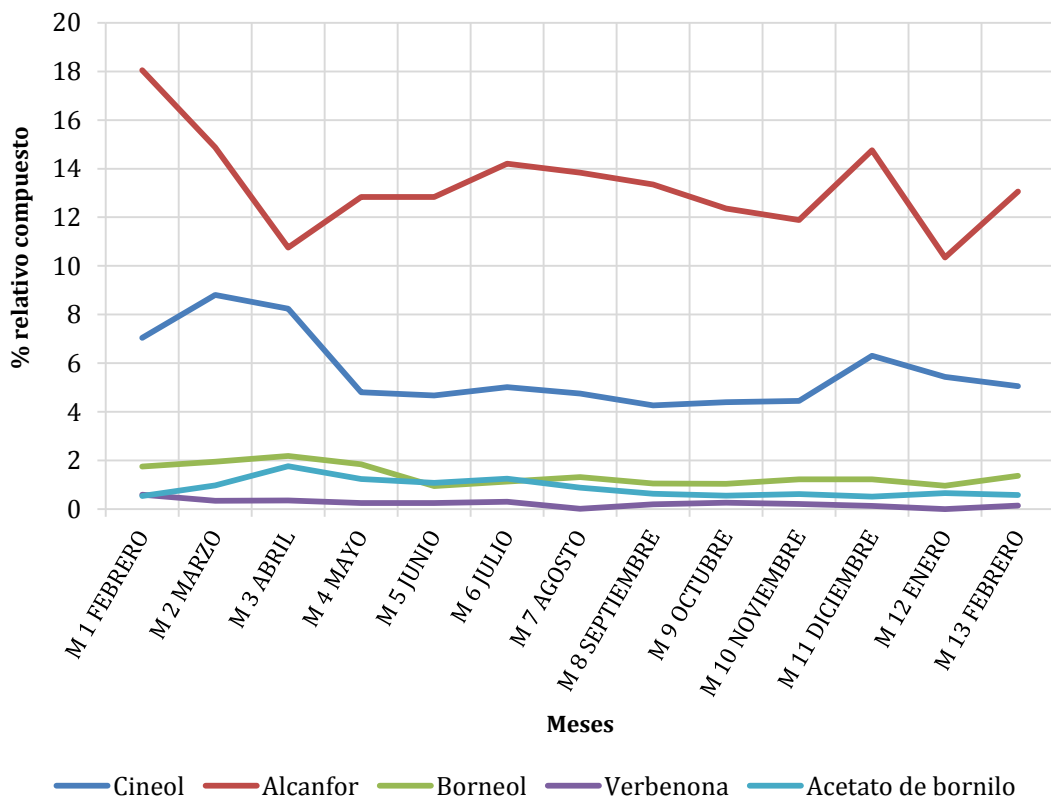
Gráfica 5-6: RO. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



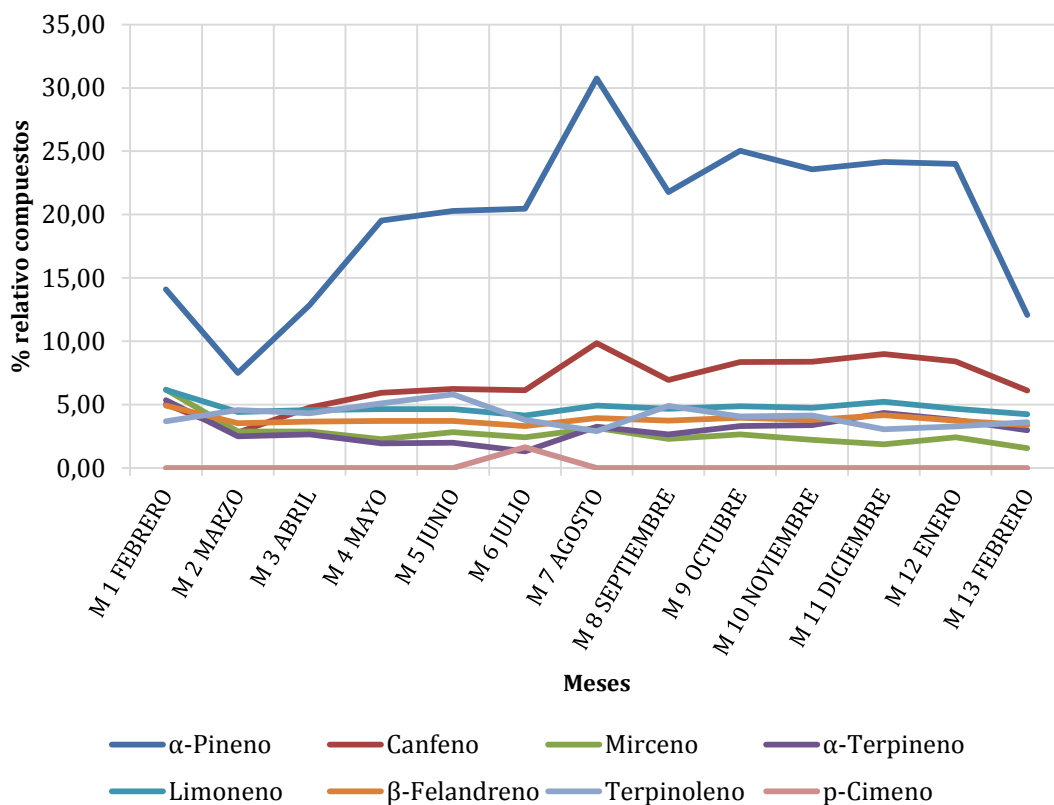
Gráfica 5-7: RO. Monoterpenos oxigenados más representativos.



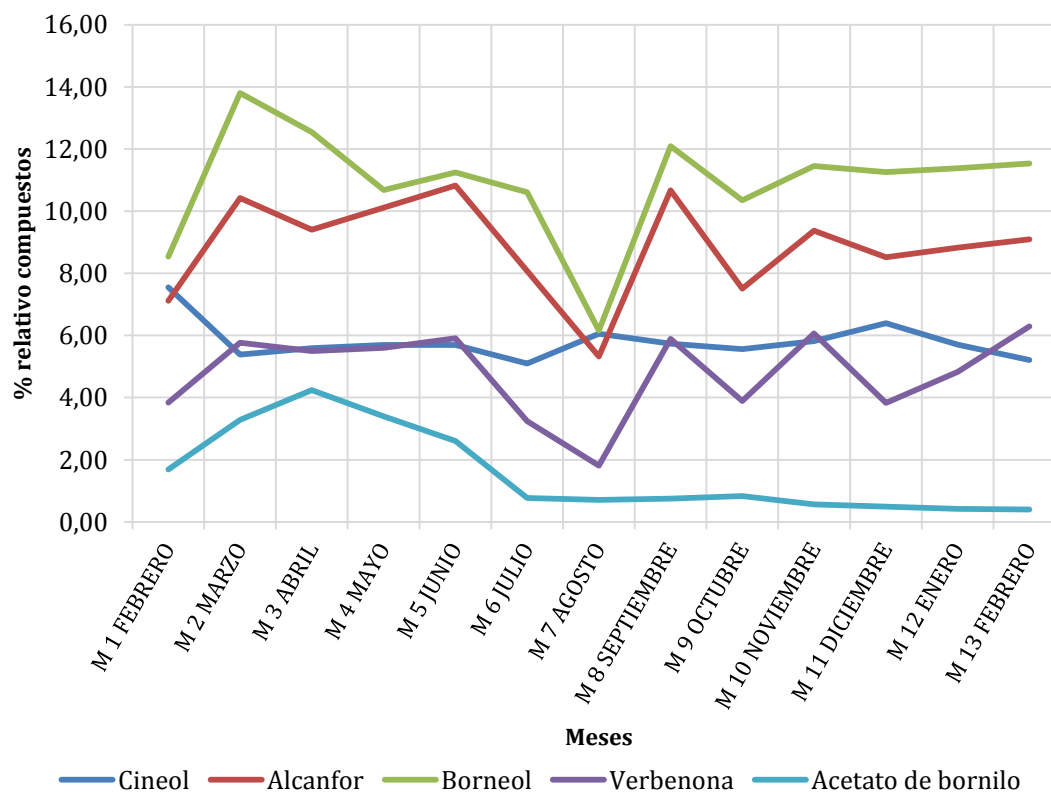
Gráfica 5-8: ROU. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



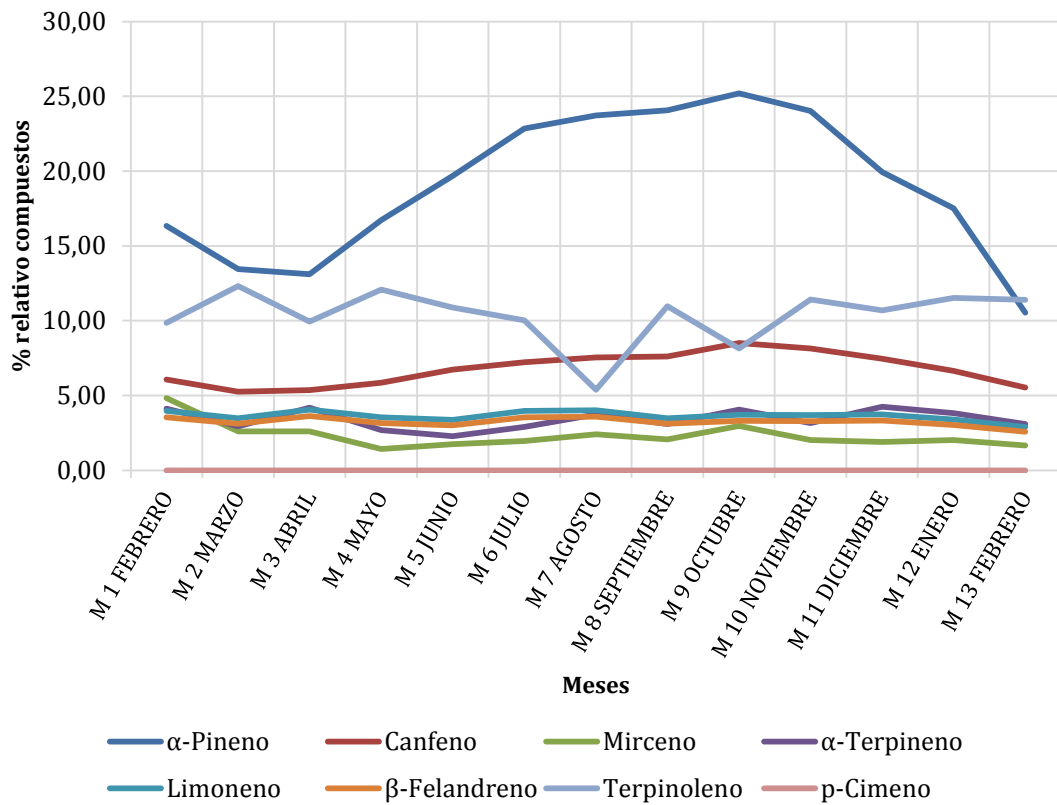
Gráfica 5-9: ROU. Monoterpenos oxigenados más representativos.



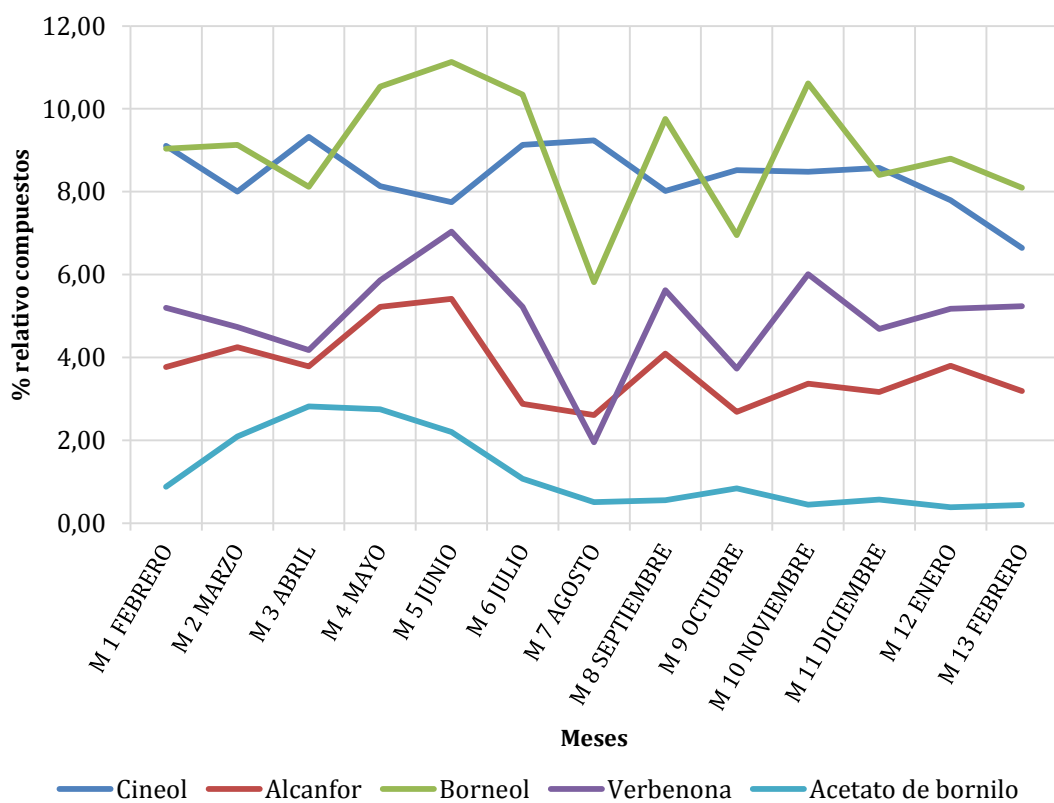
Gráfica 5-10: ROCF. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



Gráfica 5-11: ROCF. Monoterpenos oxigenados más representativos.



Gráfica 5-12: ROCS. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.

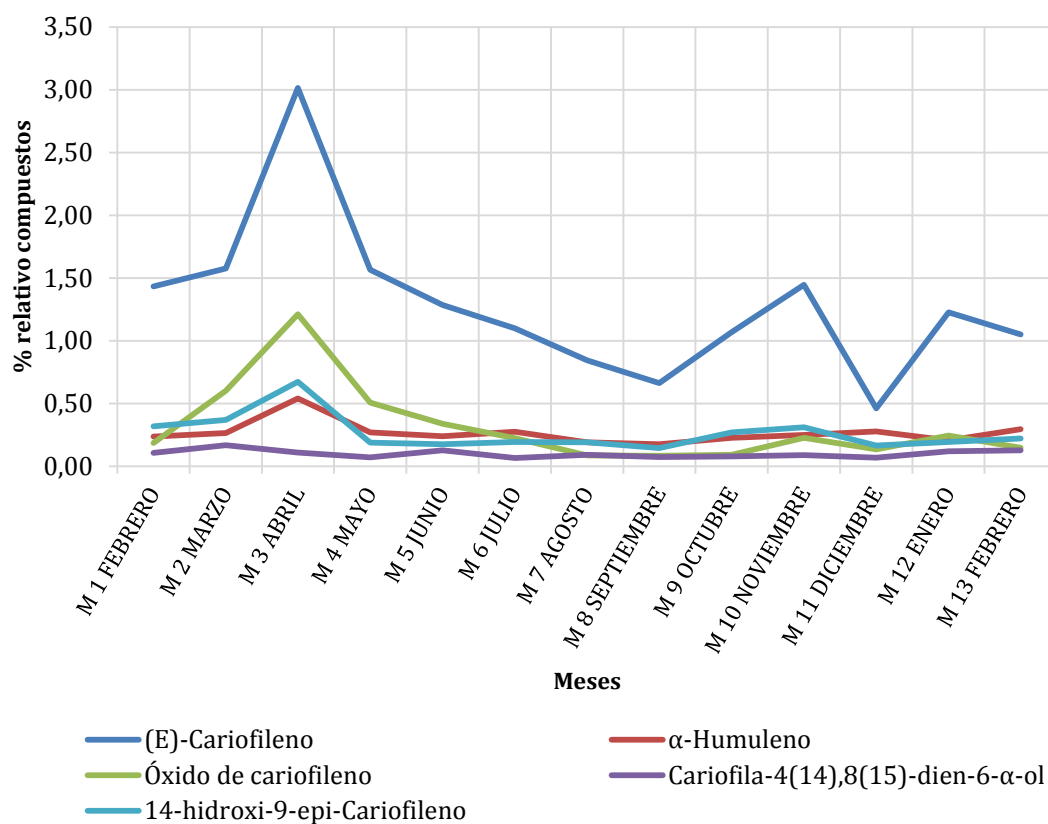


Gráfica 5-13: ROCS. Monoterpenos oxigenados más representativos.

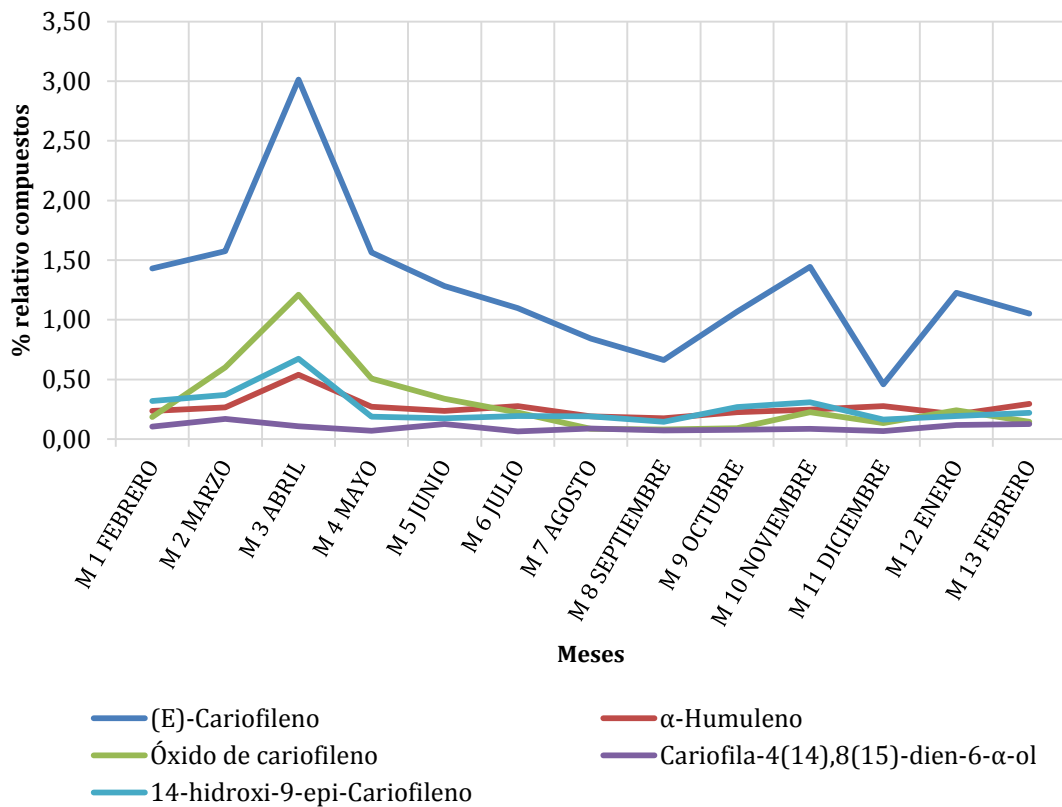
Entre los sesquiterpenos, el (*E*)-cariofileno es el único que supera el 1% en todas las muestras.

En las muestras de la población asilvestrada le acompaña otro sesquiterpeno, en este caso oxigenado: óxido de cariofileno (1,08%) en ROCF y 14-hidroxi-9-epi-cariofileno (1,27%) en ROCS.

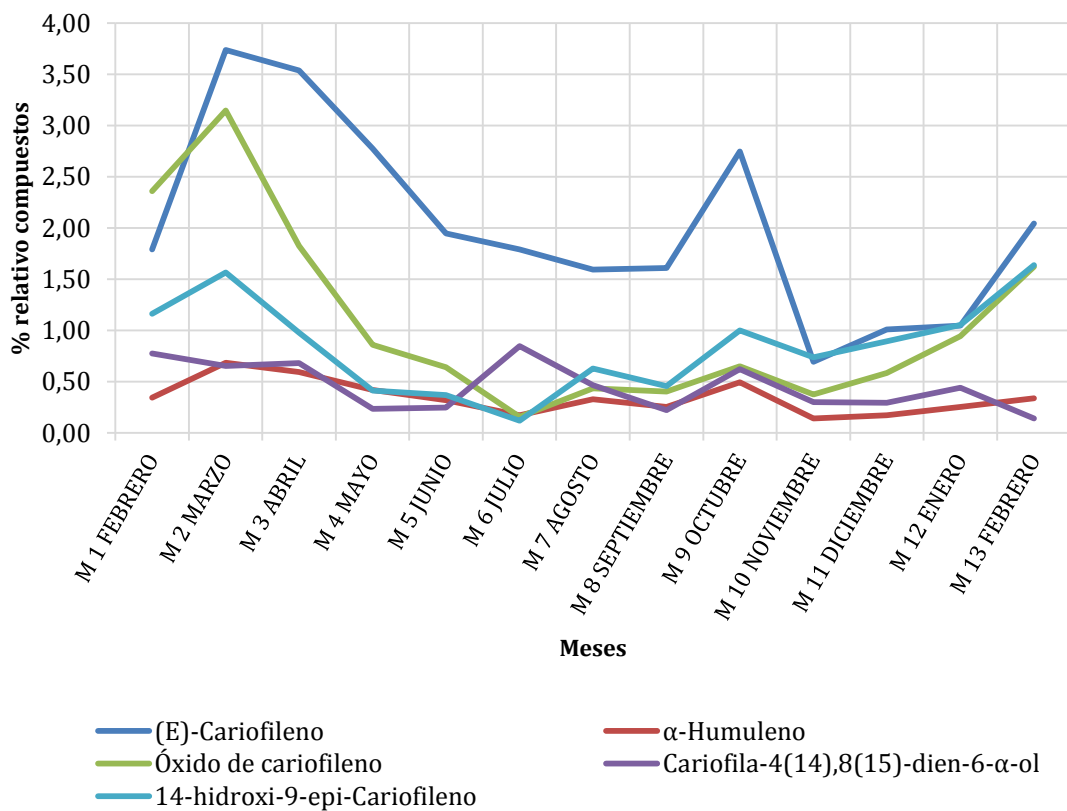
El resto de sesquiterpenos considerados presentan concentraciones bajas en todas las poblaciones (ver Gráfica 5-14, Gráfica 5-15, Gráfica 5-16 y Gráfica 5-17).



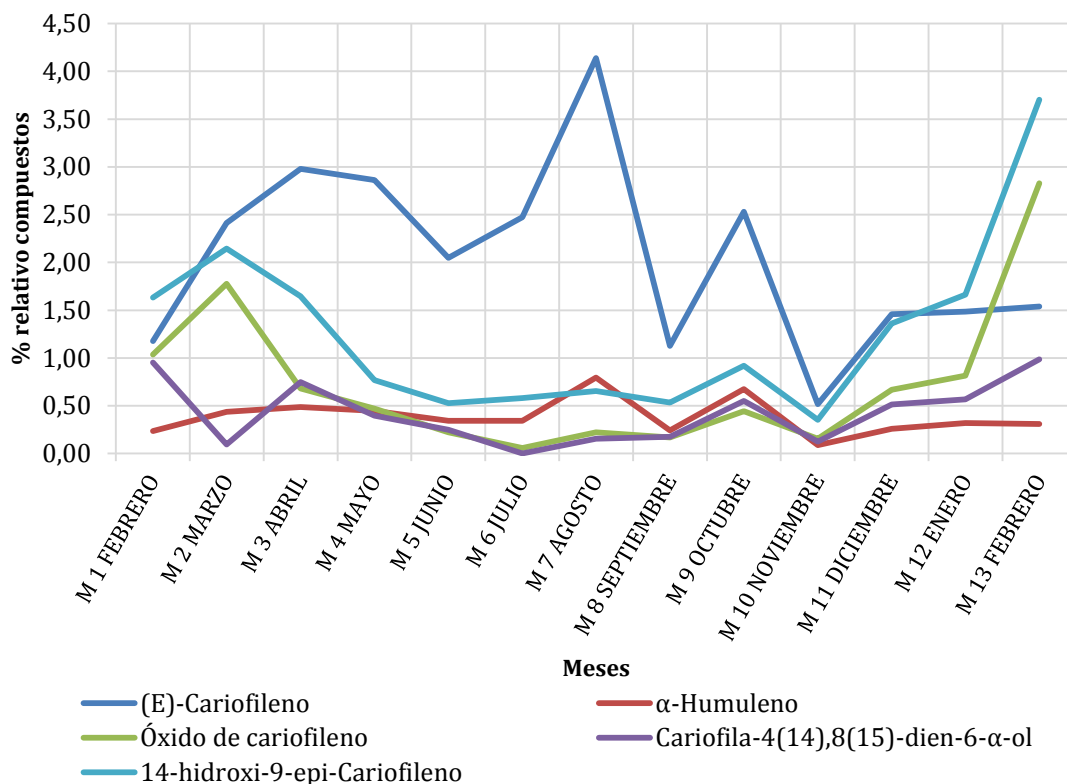
Gráfica 5-14: RO: Sesquiterpenos más representativos.



Gráfica 5-15: ROU. Sesquiterpenos más representativos.



Gráfica 5-16: ROCF. Sesquiterpenos más representativos.



Gráfica 5-17: ROCS. Sesquiterpenos más representativos.

5.3.2 POBLACIONES DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR

En un primer viaje realizado en el año 2008 con el Dr. Ramón Morales y debido a la preparación para su publicación del volumen de la familia *Labiatae* de Flora Ibérica (Morales, 2010), se revisaron las localidades extraídas de datos bibliográficos y de ejemplares de herbario para *R. eriocalix* (Morales and Fernández Casas, 1988; Rosúa, 1981; Soriano Cano, 1993) y para *R. tomentosus* (Bolós Vayreda, 1962; Cabezudo *et al.*, 1999; Cabezudo *et al.*, 2004; Hernández-Bermejo *et al.*, 2003; Martín and Hernández Bermejo, 2000; Rivas-Martínez, 1991). En muchas de estas localidades las poblaciones citadas ya no existían, pero se pudieron recolectar dos individuos vivos, uno de cada especie, que fueron trasplantados al RJB-CSIC para su cultivo con éxito, y de los cuales se han extraído las correspondientes muestras analizadas en este trabajo.

La población de *R. eriocalix* se recolectó en Almería, carretera a Las Norias, y corresponde con la población ERI2 del viaje realizado en 2011 para recolectar las muestras silvestres del presente estudio preliminar.

En cambio, cuando se realizó esta campaña de recolección, no se pudo acceder a la localidad de origen del ejemplar de *R. tomentosus* cultivado en el RJB-CSIC, por lo que la población TOM1 no se puede relacionar con este individuo.

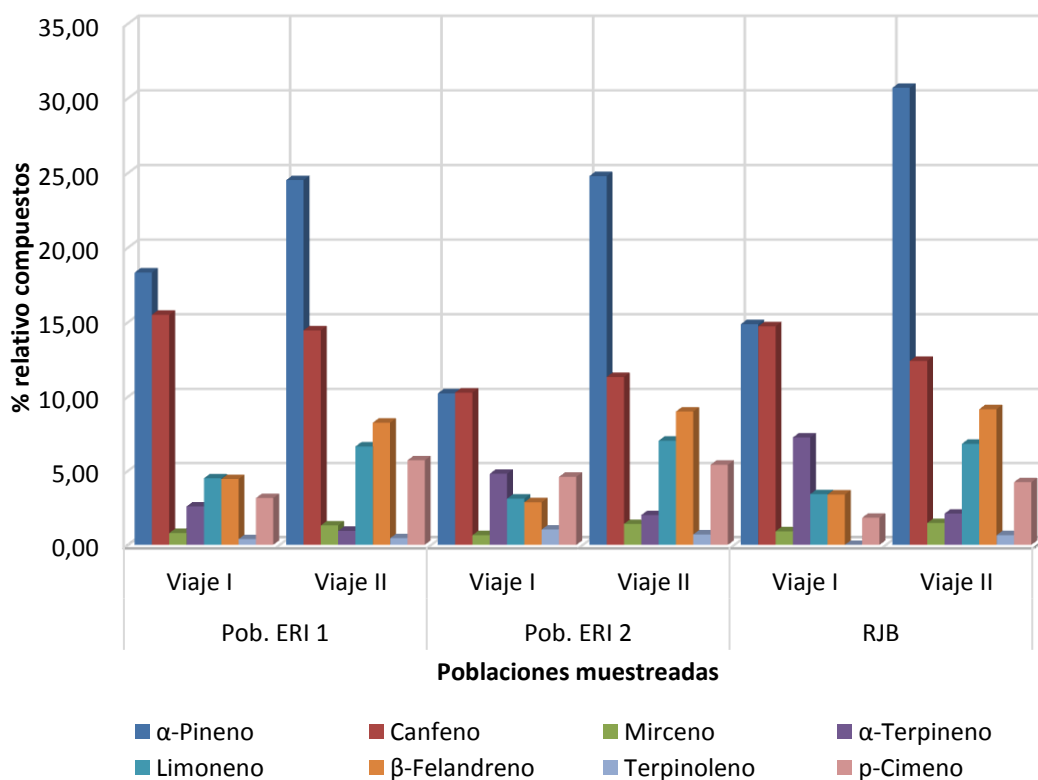
Hay que tener en cuenta que al haber realizado sólo dos campañas de recolección, los resultados que se presentan en este trabajo para la caracterización química de las tres

especies en el sureste peninsular ha de considerarse preliminar y sería necesario realizar más campañas de muestreo y sus correspondientes análisis para aumentar el conocimiento de las variaciones de sus aceites esenciales.

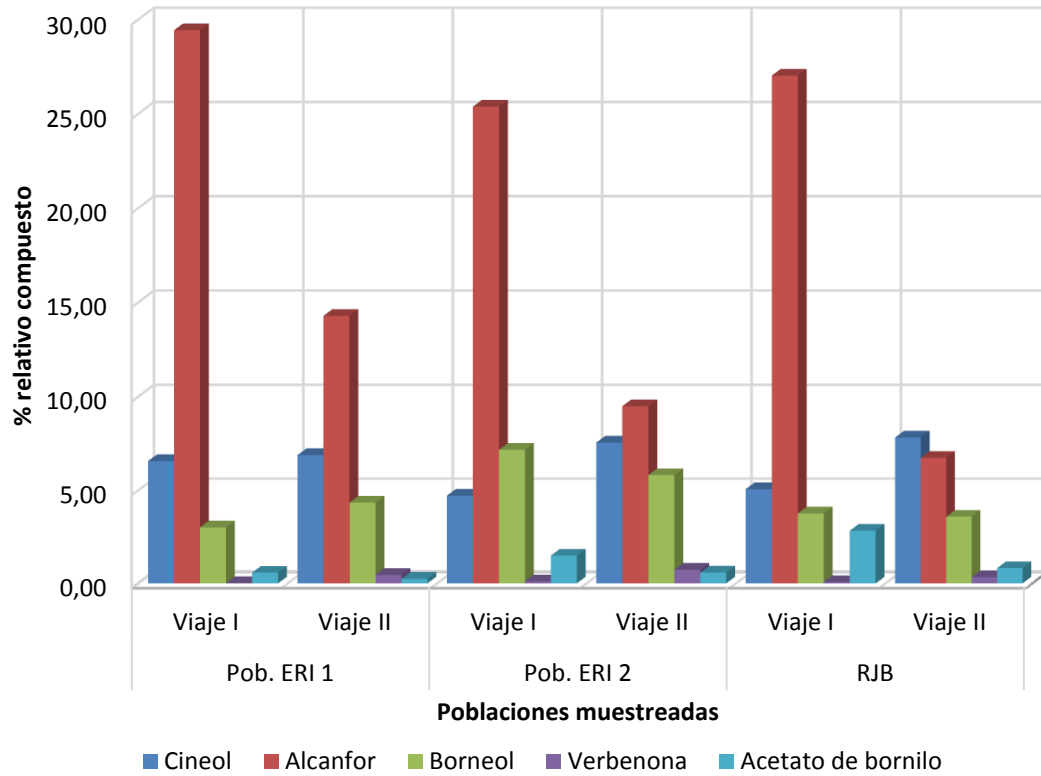
El valor promedio de los compuestos más abundantes en las poblaciones del sureste peninsular (Viaje I y Viaje II) fue:

R. eriocalix: las dos poblaciones estudiadas y el ejemplar cultivado en el RJB presentan los mismos compuestos fundamentales —alcanfor, α -pineno, canfeno— variando sus cantidades entre los tres muestreos (ver Gráfica 5-18, Gráfica 5-19 y Gráfica 5-20):

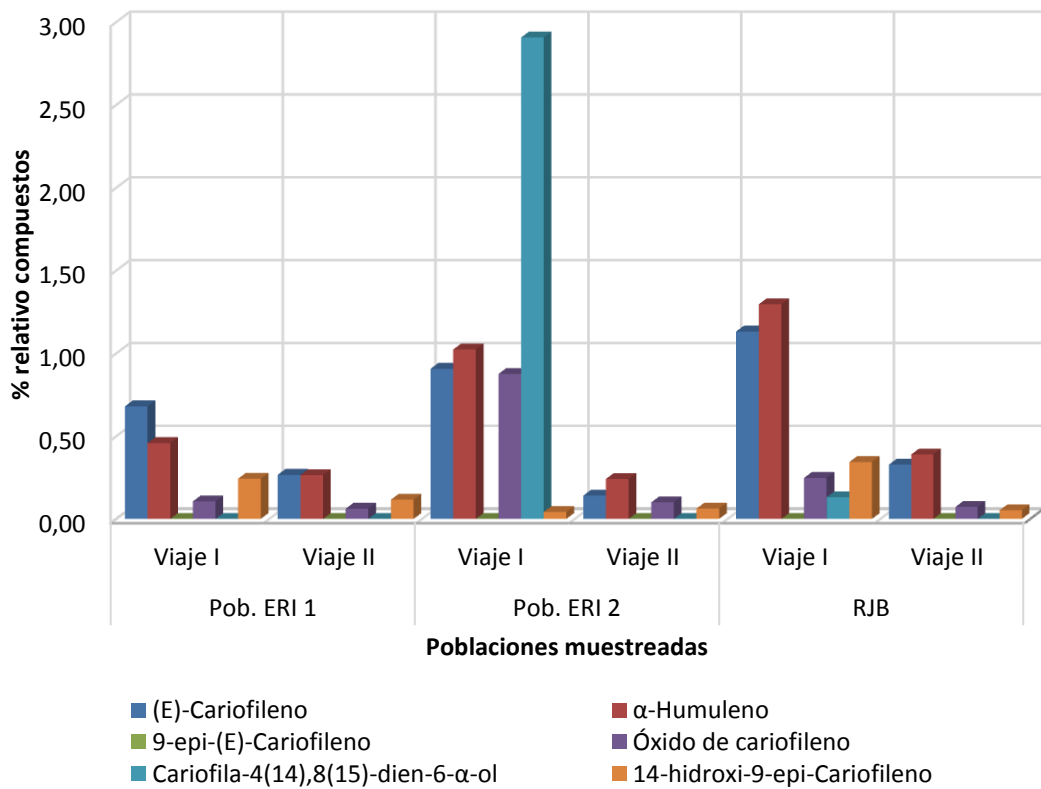
- Población ERI1: alcanfor (21,85%), α -pineno (21,42%), canfeno (14,98%).
- Población ERI2. α -pineno es ligeramente superior al alcanfor, siendo los porcentajes: α -pineno (17,50%), alcanfor (17,43%), canfeno (10,80%).
- RJB-CSIC: Sigue el mismo patrón que la población ERI2 con los siguientes porcentajes: α -pineno (22,78%), alcanfor (16,88%) y canfeno (13,56%).
- La población silvestre ERI2 y el ejemplar cultivado en el RJB-CSIC mantienen los mismos patrones de comportamiento en los compuestos estudiados excepto para los sesquiterpenos en los que el cariofila-4-(14),8(15)-dien-6- α -ol de la población ERI2 en junio se dispara (2,91%) respecto al ejemplar del RJB-CSIC en el mismo mes de recolección (0,13%).
- En las tres muestras de *R. eriocalix* la pareja acetato de bornilo-borneol aparece en menor proporción, predominando el borneol (ERI1 4,08%; ERI2 7,53%; ERI RJB 5,49%).



Gráfica 5-18: *R. eriocalix*. Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



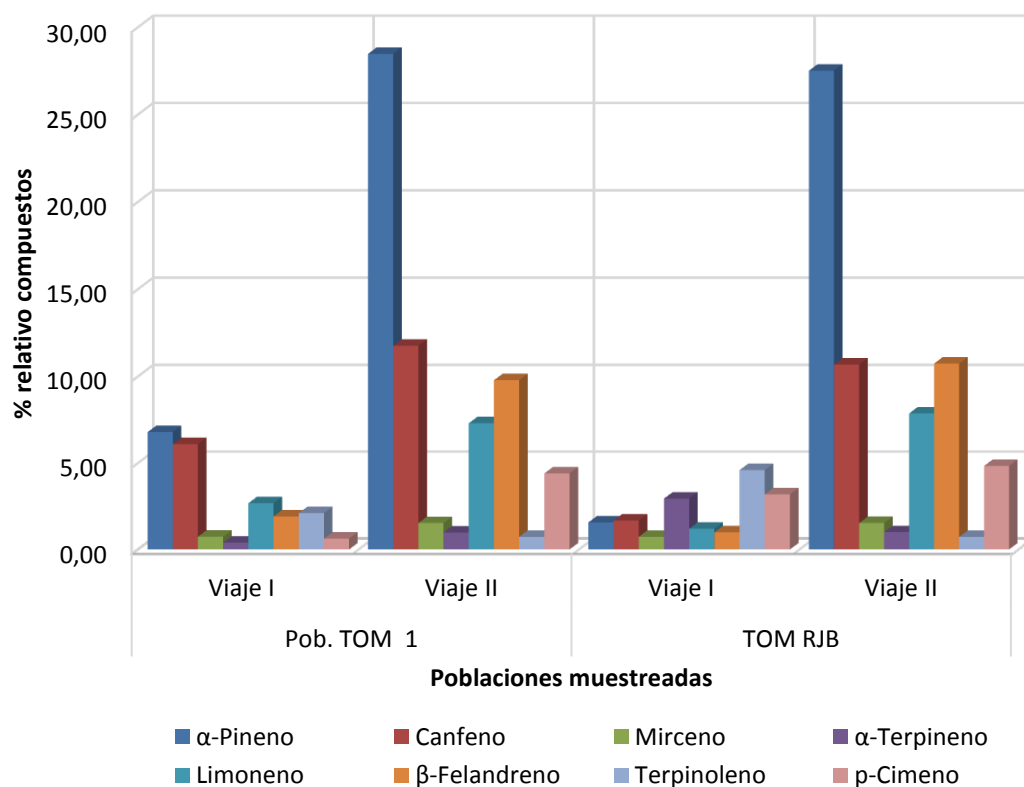
Gráfica 5-19: *R. eriocalix*. Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.



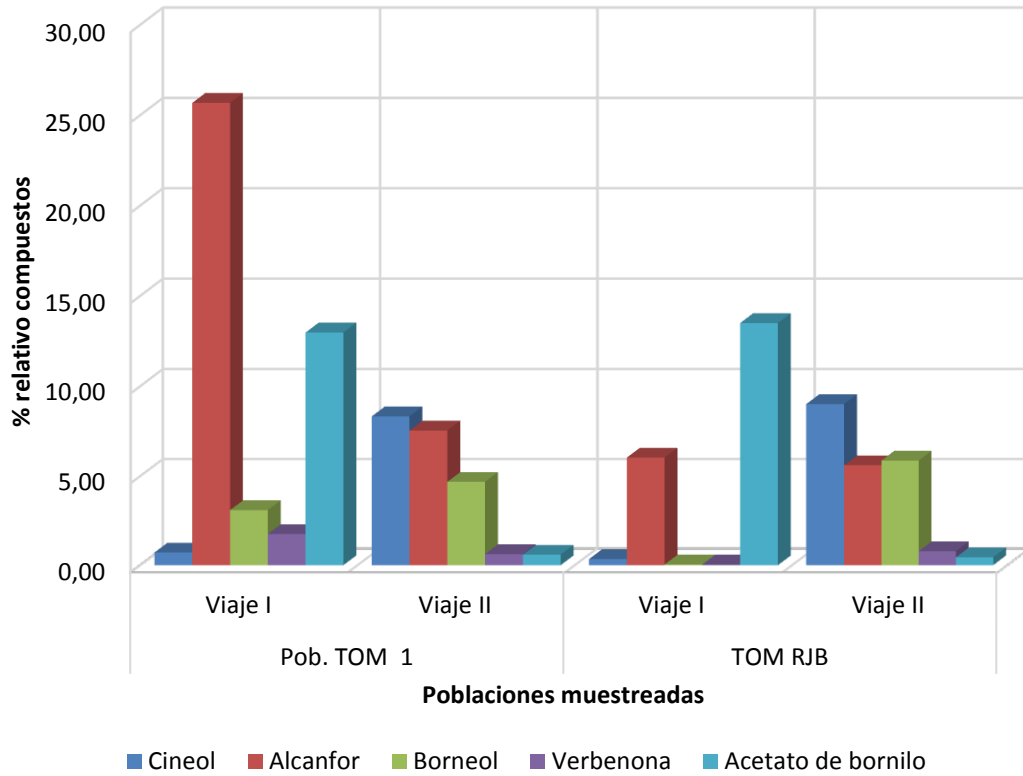
Gráfica 5-20: *R. eriocalix*. Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.

R. tomentosus: la población muestreada y el ejemplar cultivado en el RJB-CSIC son muy diferentes en sus compuestos principales y a diferencia de las otras especies, se caracteriza por el alto contenido en acetato de bornilo (Gráfica 5-21, Gráfica 5-22 y Gráfica 5-23).

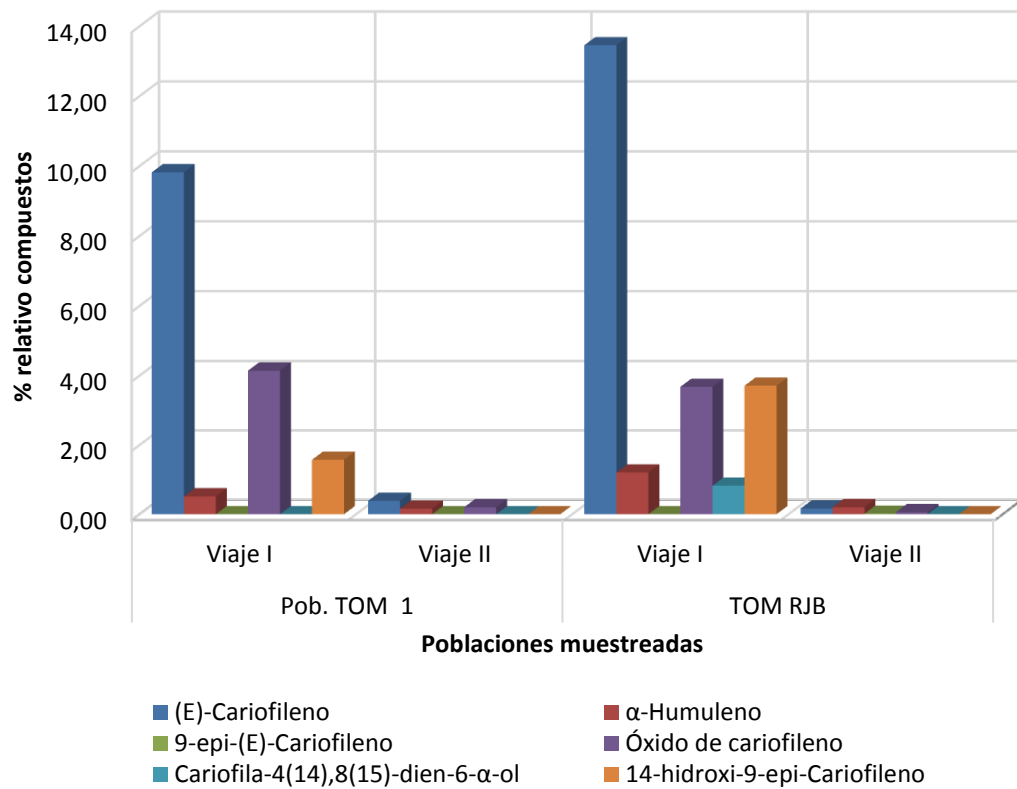
- Población TOM1: α -pineno (17,62%), alcanfor (16,61%), canfeno (8,92%) y acetato de bornilo (6,78%). Si consideramos la pareja acetato de bornilo-borneol, el porcentaje sería de 10,65% superando al del canfeno.
- RJB-CSIC: el componente principal es α -pineno (14,53%) seguido de acetato de bornilo (6,97%) —si consideramos la pareja acetato de bornilo-borneol, el porcentaje se eleva a 9,92%— y (E)-cariofileno (6,81%). Este ejemplar sólo presenta 6,17% de canfeno.



Gráfica 5-21: *R. tomentosus*. Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



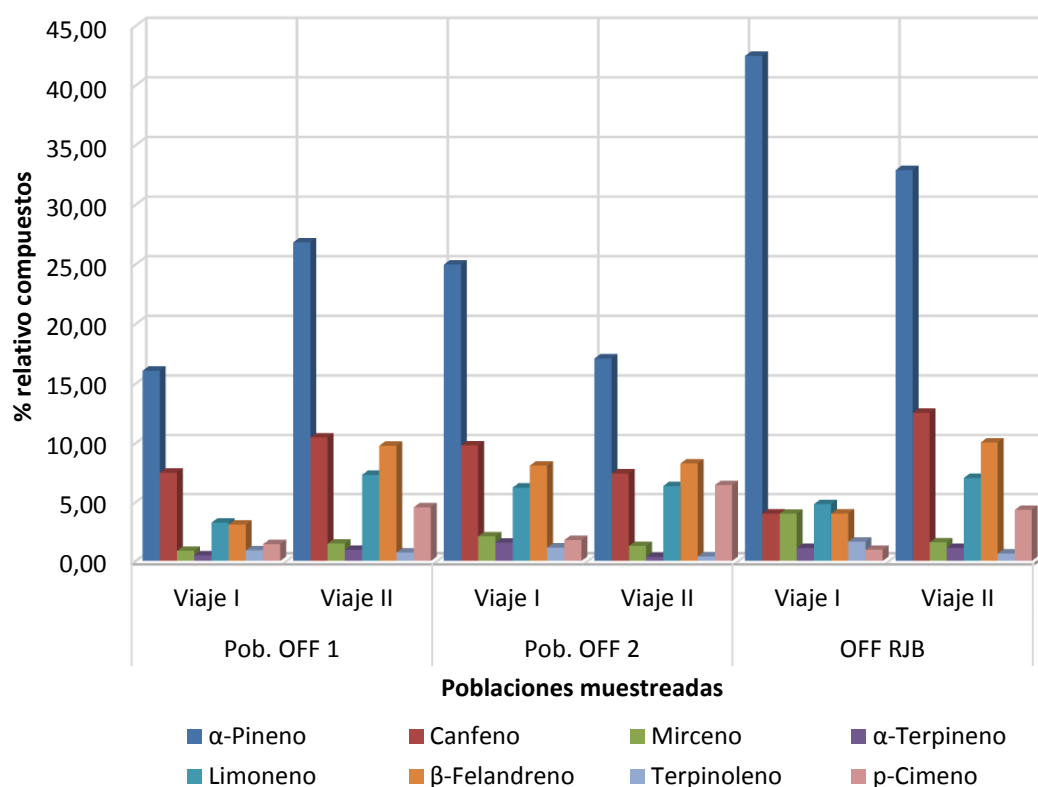
Gráfica 5-22: *R. tomentosus*. Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.



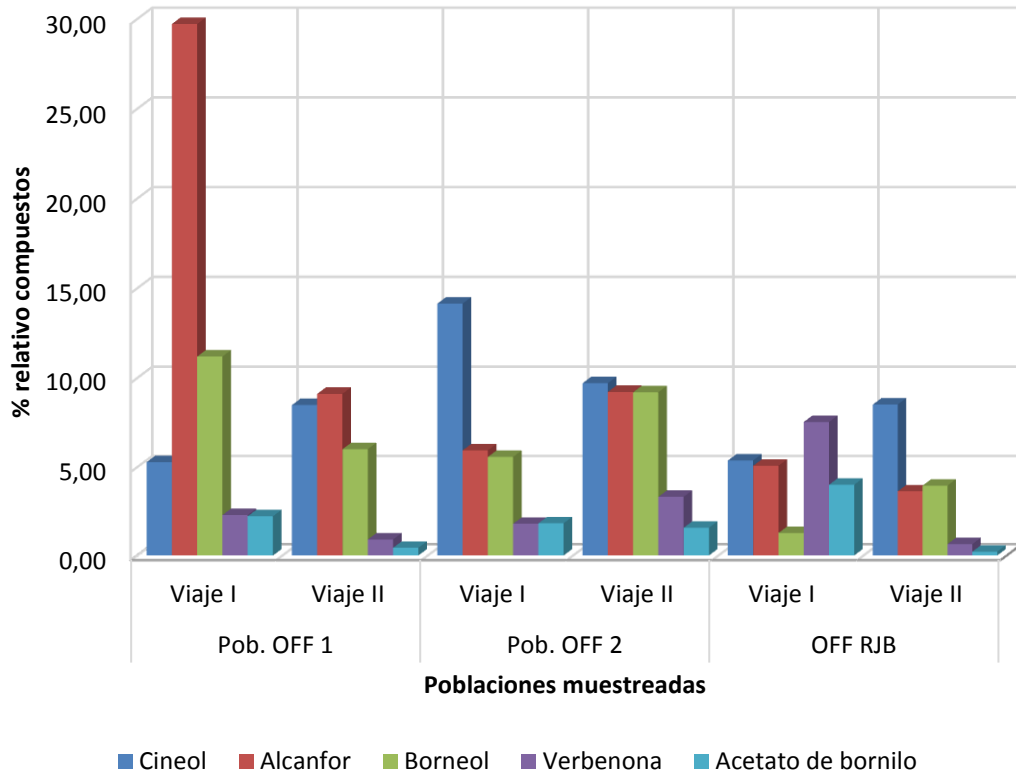
Gráfica 5-23: *R. tomentosus*. Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.

Las muestras de *R. officinalis*, en el promedio de las dos recolecciones, presentan mayor heterogeneidad en los compuestos principales (Gráfica 5-24, Gráfica 5-25 y Gráfica 5-26). En todas ellas α -pineno fue el fundamental.

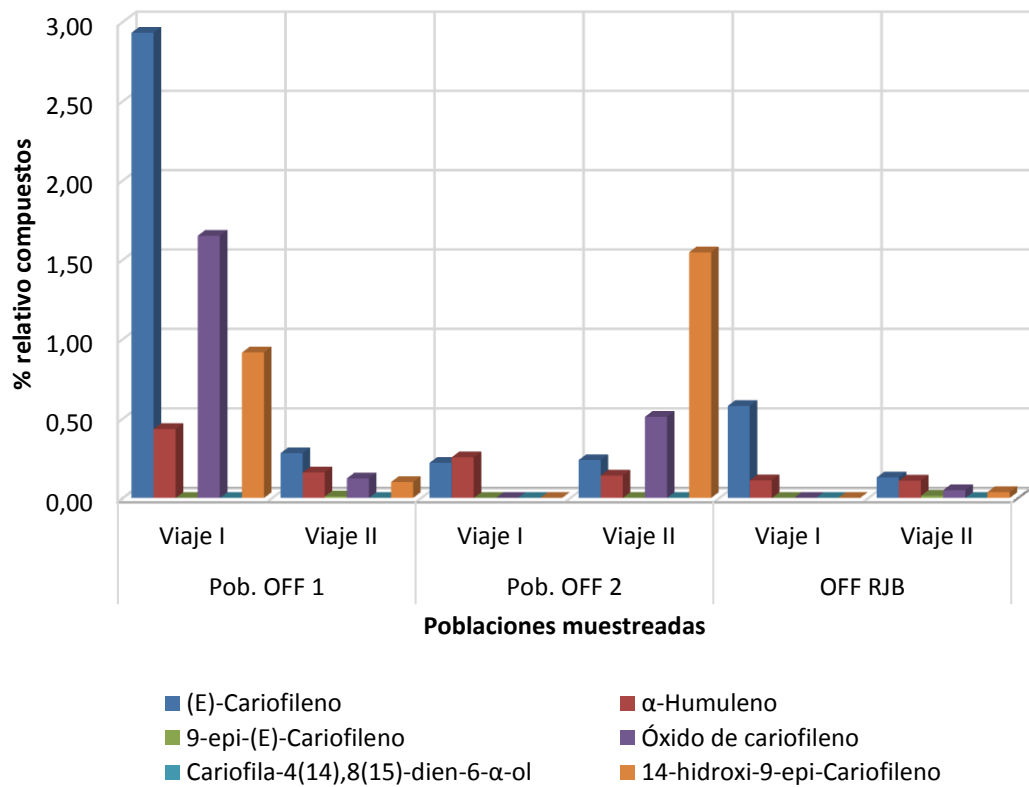
- Población OFF1: la cantidad de α -pineno fue 21,43%, semejante a OFF2 con 21,02% y ambas alejadas de la cantidad obtenida en el ejemplar cultivado en el RJB-CSIC (37,67%).
- Los siguientes compuestos en importancia en la población OFF1 fueron alcanfor (19,42%) y canfeno (8,96%), en la población OFF2 1,8-cineol (11,93%) y canfeno (8,59%). En el RJB-CSIC el segundo compuesto en promedio fue el canfeno (8,26%) seguido del β -felandreno (7,02%), ambos muy alejados del α -pineno.
- Ambas poblaciones presentan un porcentaje elevado de la pareja acetato de bornilo-borneol (OFF1 9,94%; OFF2 9,09%) pero a diferencia de *R. tomentosus*, domina el alcohol frente al acetato. En la muestra del RJB-CSIC aparece en menor proporción aunque sigue siendo dominante el borneol (OFF RJB 4,73%).



Gráfica 5-24: *R. officinalis*. Viaje Sur I y II. Hidrocarburos monoterpénicos alifáticos y aromáticos más representativos.



Gráfica 5-25: *R. officinalis*. Viaje Sur I y II. Monoterpenos oxigenados más representativos.



Gráfica 5-26: *R. officinalis*. Viaje Sur I y II. Sesquiterpenos más representativos.

5.4 COMPARACIÓN DE COMPUESTOS RELACIONADOS BIOGENÉTICAMENTE

Se han considerado los siguientes grupos de compuestos:

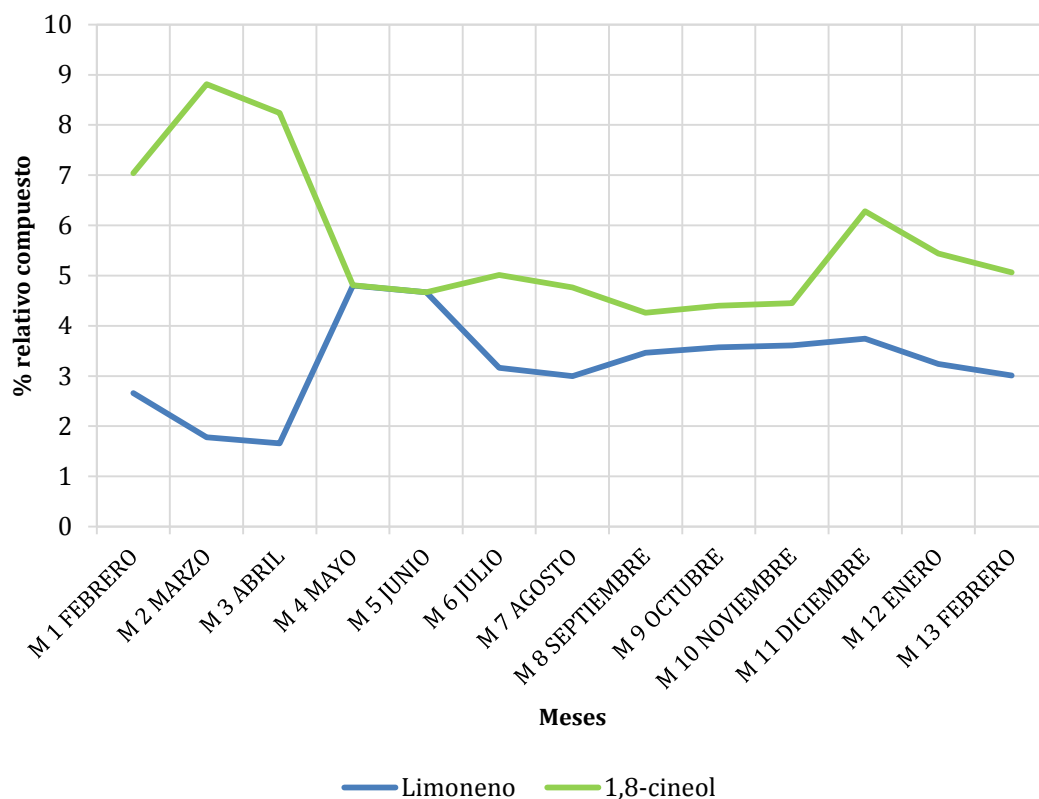
- Limoneno y cineol: limoneno se oxida a α -terpineol y éste se epoxida a 1,8-cineol (Porter and Spurgeon, 1981).
- Borneol+acetato de bornilo y canfeno (Porter and Spurgeon, 1981): en los procesos iniciales el catión precursor puede pasar al catión bornilo o a otros. El catión bornilo, a su vez, puede pasar por un reagrupamiento al catión isocanfilo. El primero dará el borneol y sus derivados; el segundo el canfeno. Dependiendo de la reacción que predomine, habrá más compuestos de tipo bornano o más canfeno.
- Borneol+acetato de bornilo y alcanfor (Porter and Spurgeon, 1981): borneol puede acetilarse para dar el acetato de bornilo u oxidarse y dar alcanfor. Según sean los procesos metabólicos se favorecerá una u otra reacción, predominando por tanto un compuesto u otro.
- α -Pineno y verbenona: en vegetales la ruta metabólica del α -pineno a la verbenona no está totalmente dilucidada. Sin embargo, hay estudios en los que se ha visto que en insectos la verbenona se produce por oxidación del α -pineno adquirido de la dieta (Porter and Spurgeon, 1981). Tiene capacidad antimicrobiana (Santoyo *et al.*, 2005) y antifúngica (Pitarokili *et al.*, 2008)) y se emplea como agente de control de plagas de ciertas especies de escarabajos por ser una feromona en insectos (Erman, 1967).

5.4.1 LIMONENO Y 1,8-CINEOL

Los compuestos con mayor capacidad alelopática son derivados de los ácidos benzoico y cinámico, flavonoides, monoterpenos y sesquiterpenos y constituyen un 63% del total de agentes alelopáticos encontrados hasta el año 2001 (Macías *et al.*, 2007).

Se sabe que 1,8-cineol es responsable de la atracción de insectos polinizadores (Figueiredo *et al.*, 2008) y tiene funciones alelopáticas inhibiendo la germinación de semillas de especies arvenses (Qiu *et al.*, 2010; Azirak and Karaman, 2008). Como ya se ha explicado, uno de los precursores del 1,8-cineol es el limoneno, por lo que cabe esperar que si la planta necesita mucho 1,8-cineol, la cantidad de limoneno disminuya. En cuanto al α -terpineol, el compuesto intermedio entre limoneno y 1,8-cineol, esperamos concentraciones relativas pequeñas. Efectivamente todas están por debajo del 1% (RO: 0,36% octubre-0,98% febrero 2001) (ROU: 0,32% junio y octubre-0,73% febrero 2001) (ROCF: 0,22% febrero 2001-0,75% febrero 2002) (ROCS: 0,21% abril-0,55% julio) porque siempre hay mucho más 1,8-cineol.

En la población silvestre RO, la relación limoneno-1,8-cineol se cumple (Gráfica 5-27). Vemos que los máximos de 1,8-cineol (8,81% marzo; 8,24% abril) se ajustan a los mínimos de limoneno (1,78% marzo; 1,76% abril) en la primavera, coincidiendo con el periodo de floración y de germinación de semillas de especies terófitas (Tabla 5-10).



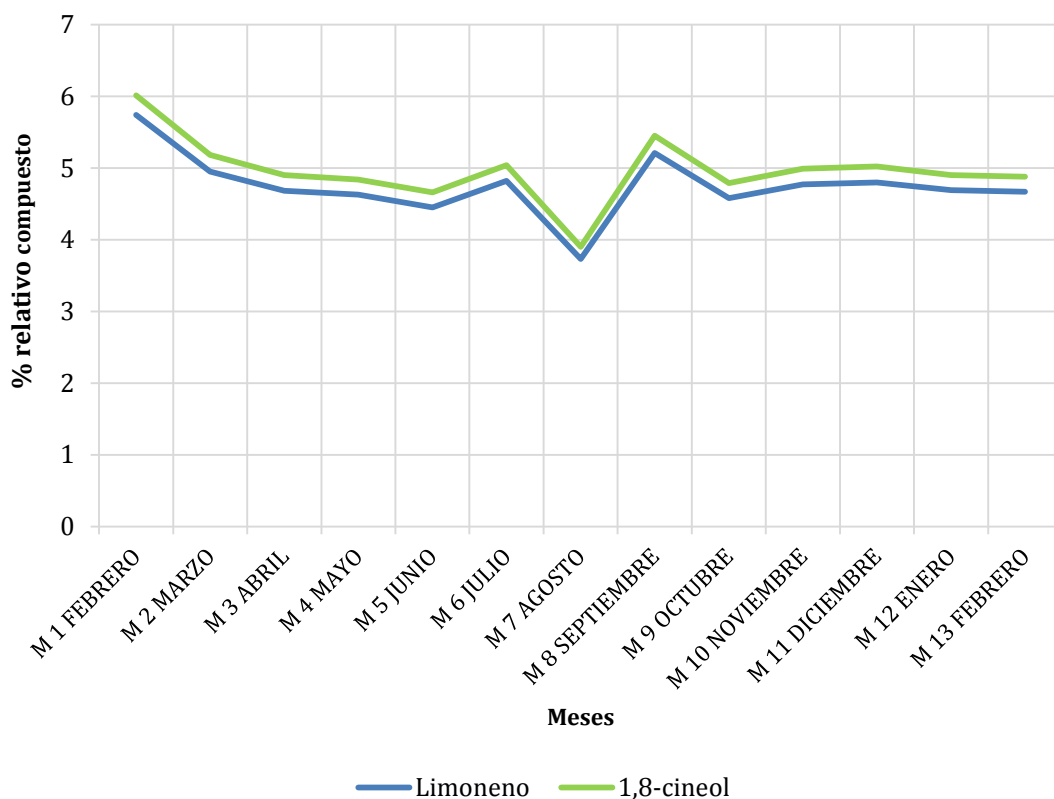
Gráfica 5-27: R0. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

Tabla 5-10: R0. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia.

COMPUESTOS	M1 FEB	M2 MAR	M3 ABR	M4 MAY	M5 JUN	M6 JUL	M7 AGO	M8 SEP	M9 OCT	M10 NOV	M11 DIC	M12 ENE	M13 FEB
Limoneno	2,66	1,78	1,66	4,80	4,67	3,16	3,00	3,46	3,57	3,61	3,74	3,24	3,01
1,8-cineol	7,04	8,81	8,24	4,81	4,67	5,01	4,76	4,26	4,40	4,45	6,28	5,44	5,06
ESTAD. FENOL.	Veg	Fl	Fl	Fl+Fr	Fr	Fr	Fl	Fr	Fr	Veg	Veg	Veg	Veg

FEB: febrero; MAR: marzo; ABR: abril; MAY: mayo; JUN: junio; JUL: julio; AGO: agosto; SEP: septiembre; OCT: octubre; NOV: noviembre; DIC: diciembre; ENE: enero. Estad. fenol: Estado fenológico; Veg: estado vegetativo; Fl: floración; Fr: fructificación. En negrita máximos y mínimos.

En la población cultivada ROU, observamos que las concentraciones relativas (Tabla 5-11) de ambos compuestos siguen el mismo patrón (Gráfica 5-28) y prácticamente en la misma cantidad. Esto puede ser debido a que las tareas de jardinería, como la limpieza de malas hierbas, hacen que no sea necesario para la planta convertir todo el limoneno en 1,8-cineol, puesto que no tiene necesidad del efecto alelopático, sólo de atraer polinizadores.



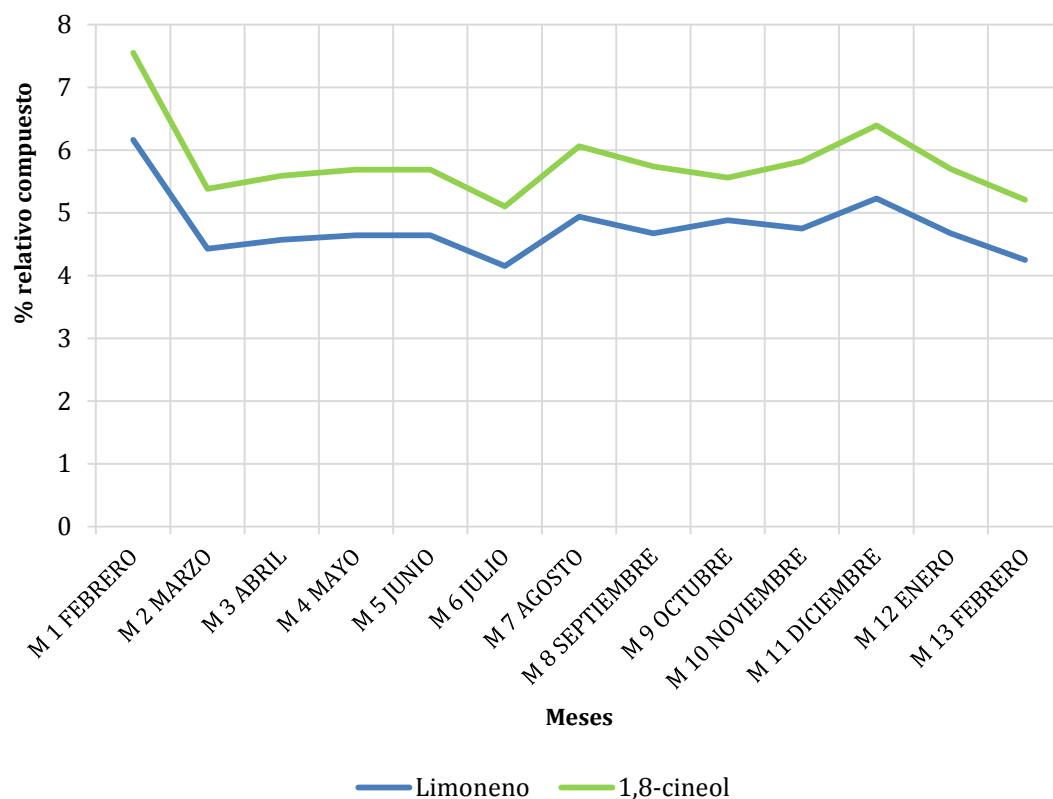
Gráfica 5-28: ROU. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

Tabla 5-11: ROU. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia.

COMPUESTOS	M1 FEB	M2 MAR	M3 ABR	M4 MAY	M5 JUN	M6 JUL	M7 AGO	M8 SEP	M9 OCT	M10 NOV	M11 DIC	M12 ENE	M13 FEB
Limoneno	5,74	4,95	4,68	4,63	4,45	4,82	3,73	5,21	4,58	4,77	4,80	4,69	4,67
1,8-cineol	6,01	5,18	4,90	4,84	4,66	5,04	3,90	5,45	4,79	4,99	5,02	4,90	4,88
ESTAD. FENOL.	Fl	Fl	Fl	Fr	Fr	Fr	Veg	Veg	Veg	Veg	Veg	Veg	Fl

FEB: febrero; MAR: marzo; ABR: abril; MAY: mayo; JUN: junio; JUL: julio; AGO: agosto; SEP: septiembre; OCT: octubre; NOV: noviembre; DIC: diciembre; ENE: enero. Estad. fenol: Estado fenológico; Veg: estado vegetativo; Fl: floración; Fr: fructificación. En negrita máximos y mínimos.

Tanto para la población asilvestrada ROCF (Gráfica 5-29) como ROCS (Gráfica 5-30), vemos que ambos compuestos siguen aproximadamente el mismo patrón. Las concentraciones relativas de 1,8-cineol siempre se mantienen por encima de las de limoneno (Tabla 5-12 y Tabla 5-13), pero no hay un momento en el la planta necesite transformar el limoneno a 1,8-cineol porque en la zona en la que viven apenas llegan semillas de plantas terófitas contra las que necesite el efecto alelopático.

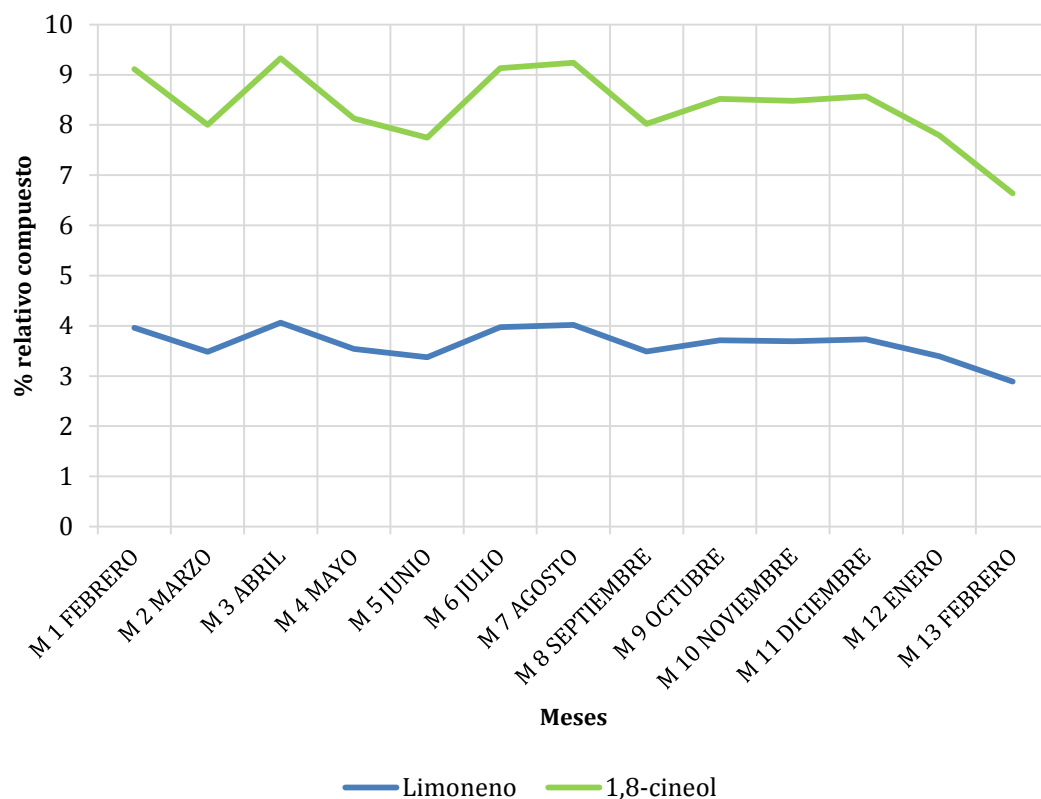


Gráfica 5-29: ROCF. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

Tabla 5-12: ROCF. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia.

COMPUESTOS	M1 FEB	M2 MAR	M3 ABR	M4 MAY	M5 JUN	M6 JUL	M7 AGO	M8 SEP	M9 OCT	M10 NOV	M11 DIC	M12 ENE	M13 FEB
Limoneno	6,16	4,43	4,57	4,64	4,64	4,15	4,94	4,67	4,88	4,75	5,23	4,67	4,25
1,8-cineol	7,55	5,38	5,59	5,69	5,69	5,10	6,06	5,74	5,56	5,82	6,39	5,70	5,21
ESTAD. FENOL.	Fl	Fl	Fl	Fl	Fr	Fr	Veg	Veg	Fl	Fl	Fr	Fr	Fl

FEB: febrero; MAR: marzo; ABR: abril; MAY: mayo; JUN: junio; JUL: julio; AGO: agosto; SEP: septiembre; OCT: octubre; NOV: noviembre; DIC: diciembre; ENE: enero. Estad. fenol: Estado fenológico; Veg: estado vegetativo; Fl: floración; Fr: fructificación.



Gráfica 5-30: ROCS. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

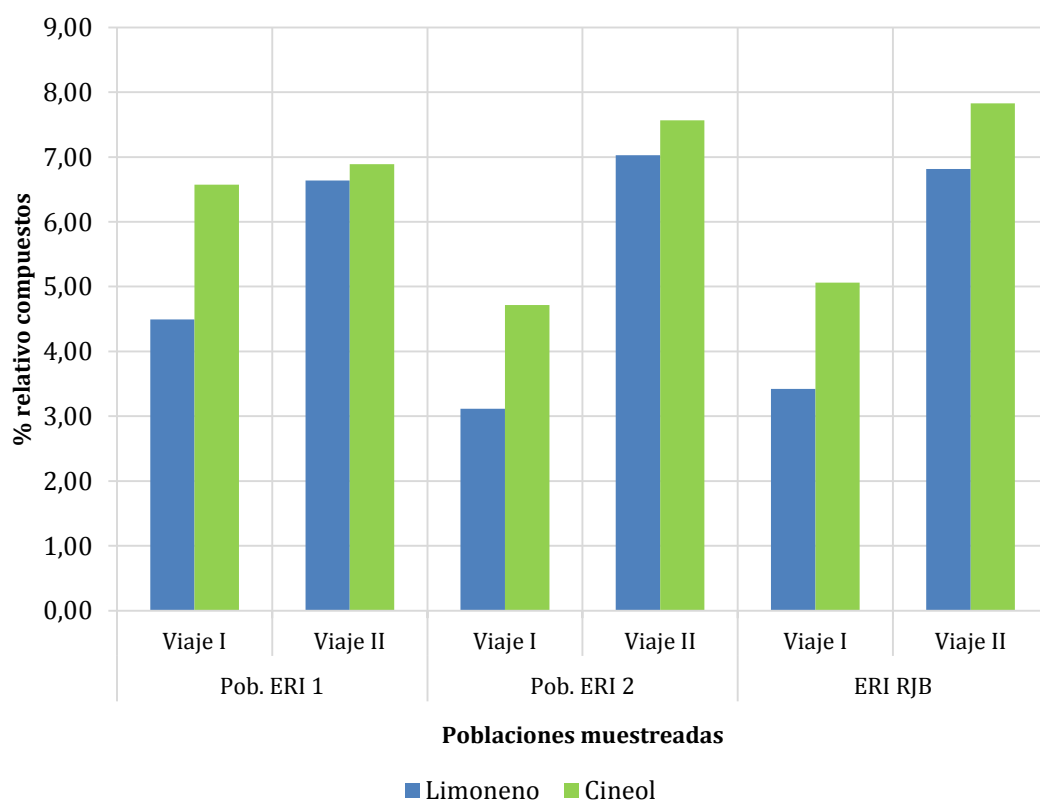
Tabla 5-13: ROCS. Porcentajes relativos de Limoneno y 1,8-cineol en los meses con presencia.

COMPUESTOS	M1 FEB	M2 MAR	M3 ABR	M4 MAY	M5 JUN	M6 JUL	M7 AGO	M8 SEP	M9 OCT	M10 NOV	M11 DIC	M12 ENE	M13 FEB
Limoneno	3,96	3,48	4,06	3,54	3,37	3,97	4,02	3,49	3,71	3,69	3,73	3,39	2,89
1,8-cineol	9,11	8,00	9,33	8,13	7,75	9,13	9,24	8,02	8,52	8,48	8,57	7,79	6,64
ESTAD. FENOL.	Fl	Fl	Fl	Fl	Fr	Fr	Veg	Veg	Fl	Fl	Fr	Fr	Fl

FEB: febrero; MAR: marzo; ABR: abril; MAY: mayo; JUN: junio; JUL: julio; AGO: agosto; SEP: septiembre; OCT: octubre; NOV: noviembre; DIC: diciembre; ENE: enero. Estad. fenol: Estado fenológico; Veg: estado vegetativo; Fl: floración; Fr: fructificación.

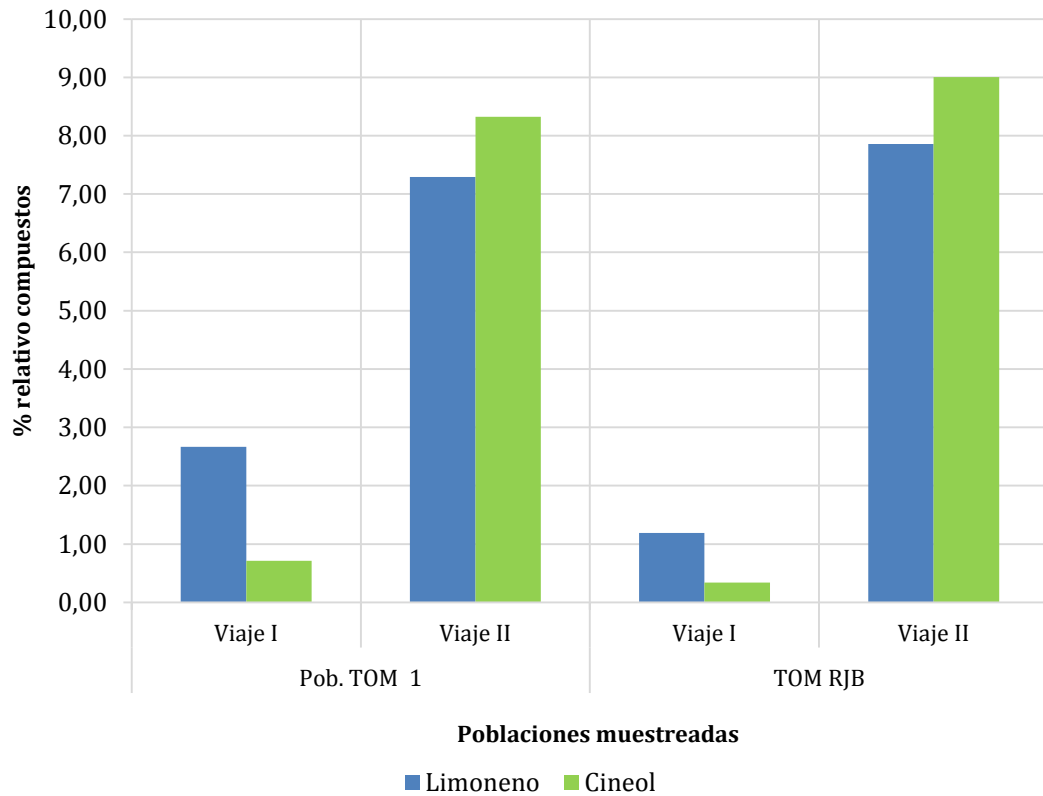
En las muestras recolectadas en el sureste peninsular también se observa el patrón inversamente proporcional entre limoneno y 1,8-cineol en las tres especies.

En *R. eriocalix* siempre se observa más 1,8-cineol que limoneno aunque las diferencias tienden a igualarse en septiembre en todos los casos (silvestres y cultivada), lo que podría ser debido a que el mes de junio suele ser más cálido y por lo tanto la necesidad de transformar limoneno en 1,8-cineol para compensar la temperatura interna es mayor (Gráfica 5-31).



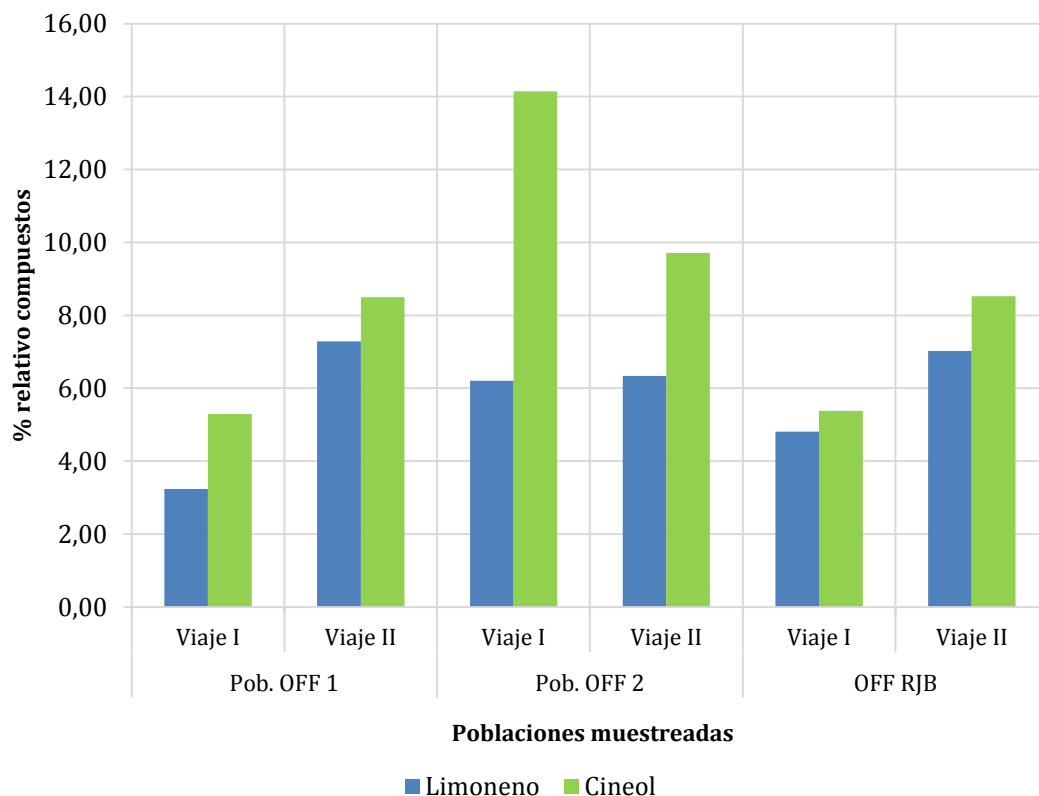
Gráfica 5-31: *R. eriocalix*. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

En el caso de *R. tomentosus*, aunque la relación entre ambos compuestos sigue el patrón, en junio predomina el limoneno, mientras que en septiembre predomina el 1,8-cineol. También cabe destacar la baja concentración relativa de ambos compuestos en el mes de junio, tanto en la muestra silvestre como en la cultivada (Gráfica 5-32).



Gráfica 5-32: *R. tomentosus*. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

En el caso de *R. officinalis* predomina el 1,8-cineol frente al limoneno y en la población OFF2 la concentración relativa de 1,8-cineol se dispara (Gráfica 5-33).



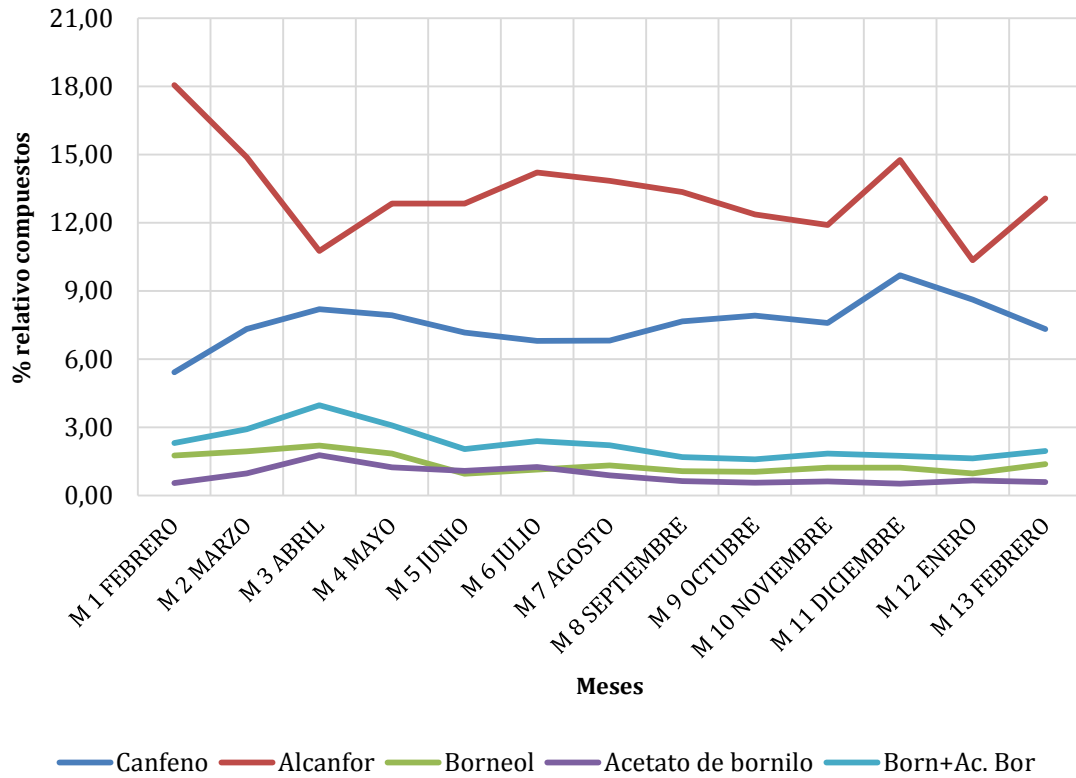
Gráfica 5-33: *R. officinalis*. Relación Limoneno y 1,8-cineol.

5.4.2 BORNEOL+ACETATO DE BORNILO, CANFENO Y ALCANFOR

En este caso encontramos dos patrones de comportamiento diferentes entre la población silvestre RO por un lado y la cultivada ROU y asilvestrada ROCF y ROCS por otro.

En RO, el proceso metabólico que conduce a borneol se ve favorecido frente al proceso que conduce al canfeno, y el borneol se oxida prácticamente en su totalidad a alcanfor, por lo que quedan cantidades muy bajas de borneol y su acetato (Gráfica 5-34).

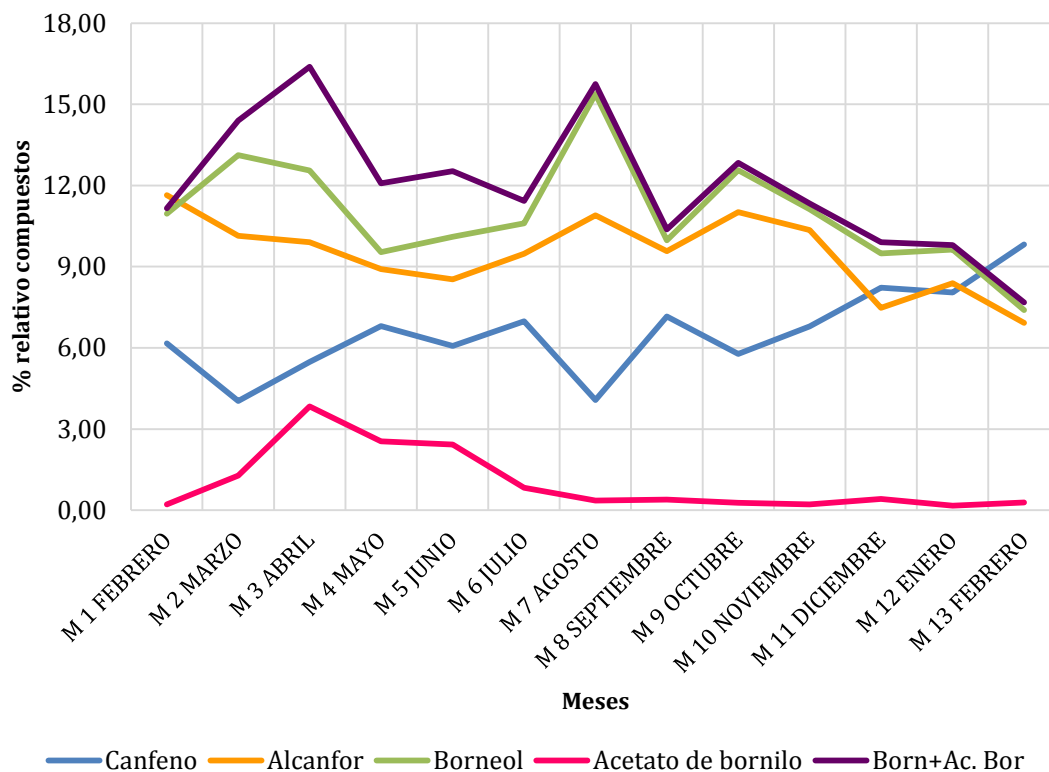
Esta mayor formación de alcanfor puede ser debido a las propiedades antisépticas, antifúngica y antimicrobianas del mismo.



Gráfica 5-34: R0. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.

En la población ROU también se ve favorecido el proceso metabólico que conduce a borneol frente al que conduce al canfeno, pero en este caso el borneol se oxida sólo en parte a alcanfor, quedando cantidades muy bajas de acetato de bornilo (Gráfica 5-35).

El que los individuos de esta población necesiten menos alcanfor para defenderse es debido a los cuidados de jardinería que recibe.

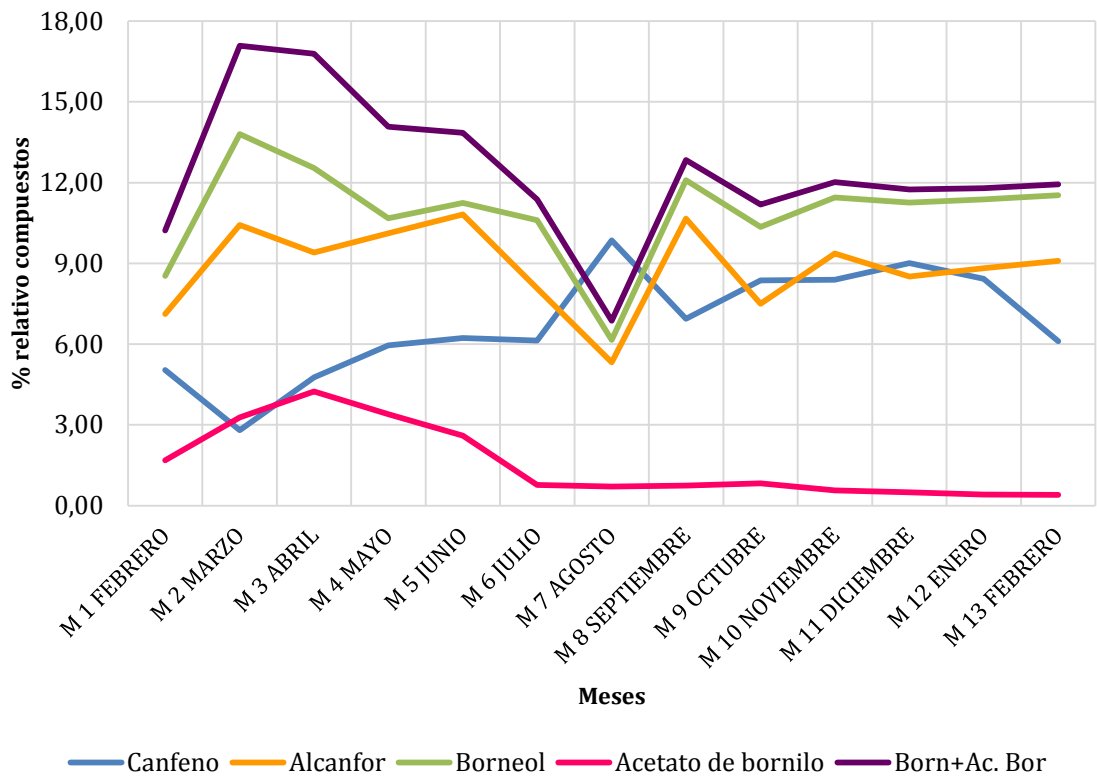


Gráfica 5-35: ROU. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.

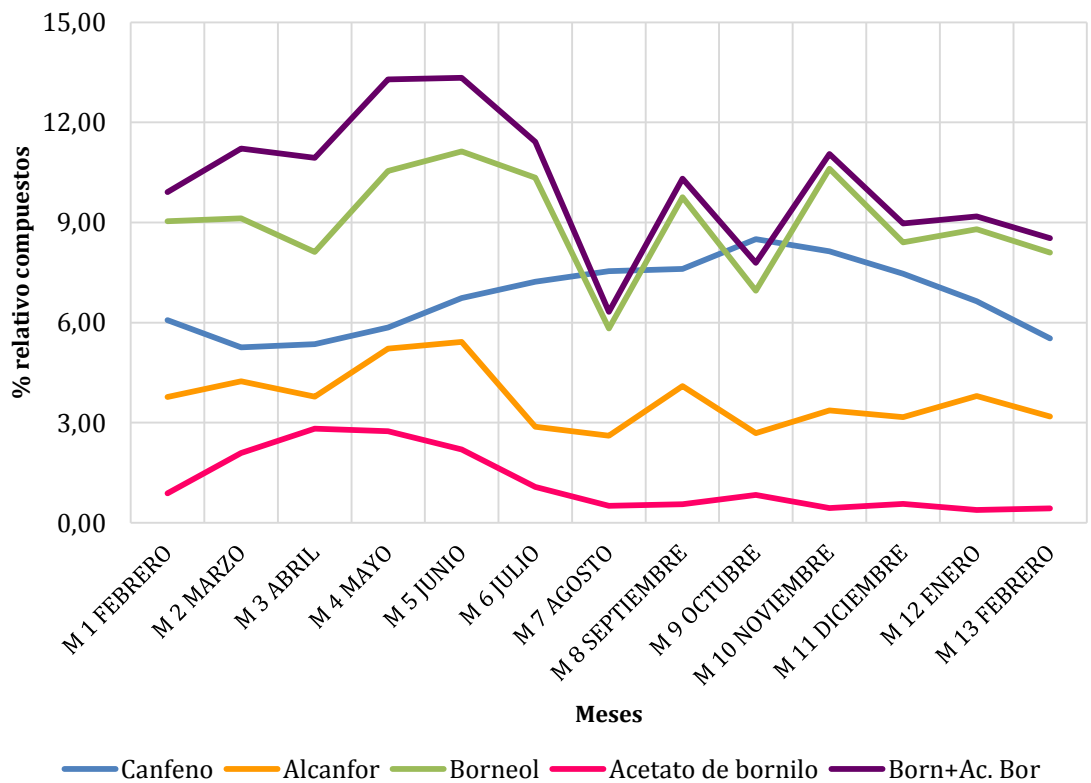
En la población asilvestrada (ROCF y ROCS) también se ve favorecido el proceso metabólico que conduce a borneol frente al que conduce al canfeno. También en este caso el borneol se oxida sólo en parte a alcanfor, quedando cantidades relativamente bajas de acetato de bornilo (Gráfica 5-36 y Gráfica 5-37).

En el mes de agosto predomina la vía que conduce al canfeno, y en septiembre se vuelve al patrón; en ROCS este proceso se repite en octubre, baja la vía del borneol y en noviembre se recupera.

El aceite esencial de ROCS presenta una cantidad de alcanfor menor que la de canfeno, a diferencia del resto de las esencias de RO, ROU y ROCF. Probablemente sea debido al tratamiento de secado frente al de congelación ya que el alcanfor es un compuesto muy volátil.



Gráfica 5-36: ROCF. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.



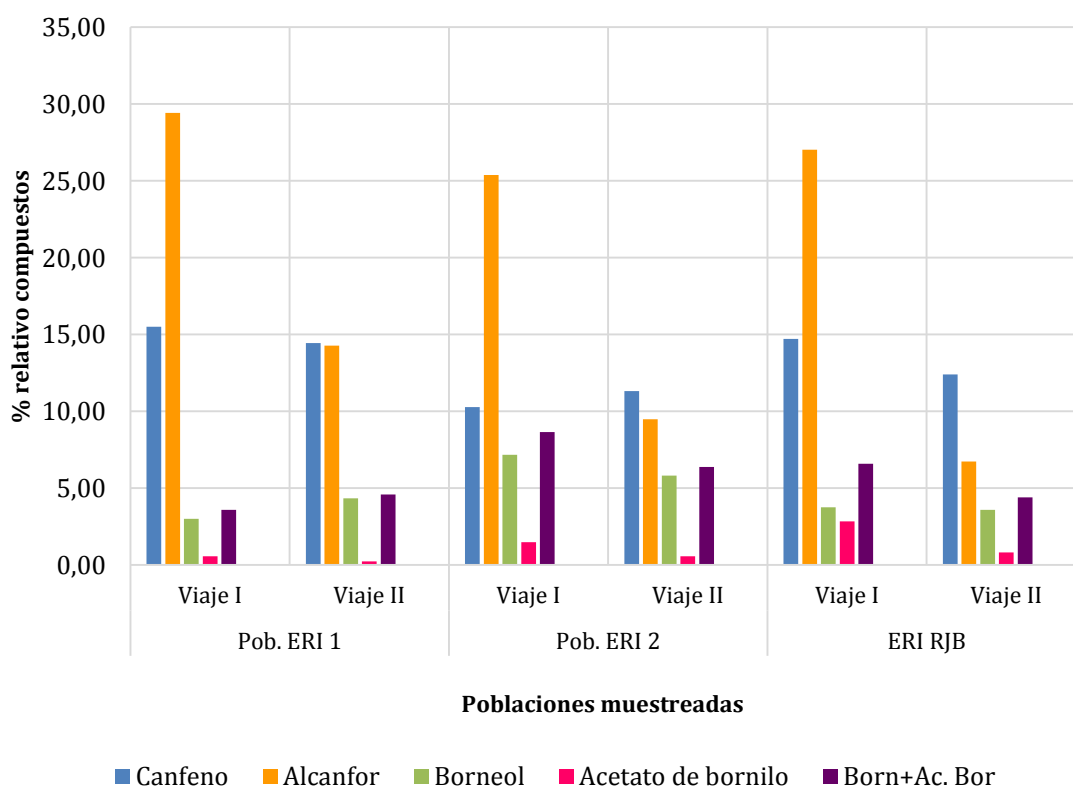
Gráfica 5-37: ROCS. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.

En las poblaciones prospectadas en el sureste peninsular, se observa un predominio de la ruta del borneol frente a la del canfeno en las tres especies y en el mes de junio, excepto en la población OFF 2 que predomina la vía del canfeno. En el mes de septiembre de las poblaciones de *R. eriocalix*, *R. tomentosus* y *R. officinalis*, la vía del canfeno predomina en mayor o menor medida excepto en la población OFF 2 que predomina la vía del borneol (Gráfica 5-38, Gráfica 5-39 y Gráfica 5-40).

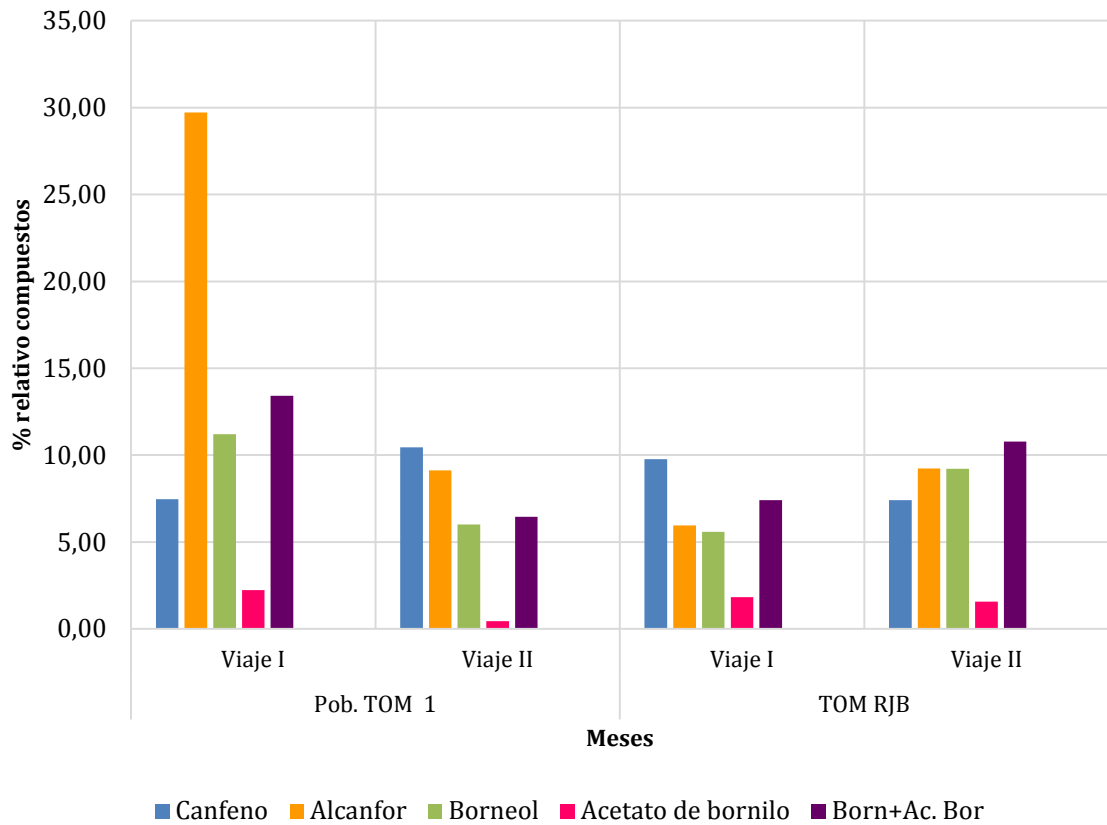
En las esencias de los individuos recolectados en el RJB-CSIC se observan comportamientos dispares. En el individuo de *R. eriocalix* se observa el mismo comportamiento que en las poblaciones silvestres y es especialmente similar a la población ERI 2 de donde es originario, en junio predomina la vía del borneol y en septiembre la del canfeno.

El individuo de *R. tomentosus* tiene un patrón contrario a los silvestres: en junio predomina la vía del canfeno y en septiembre la del borneol.

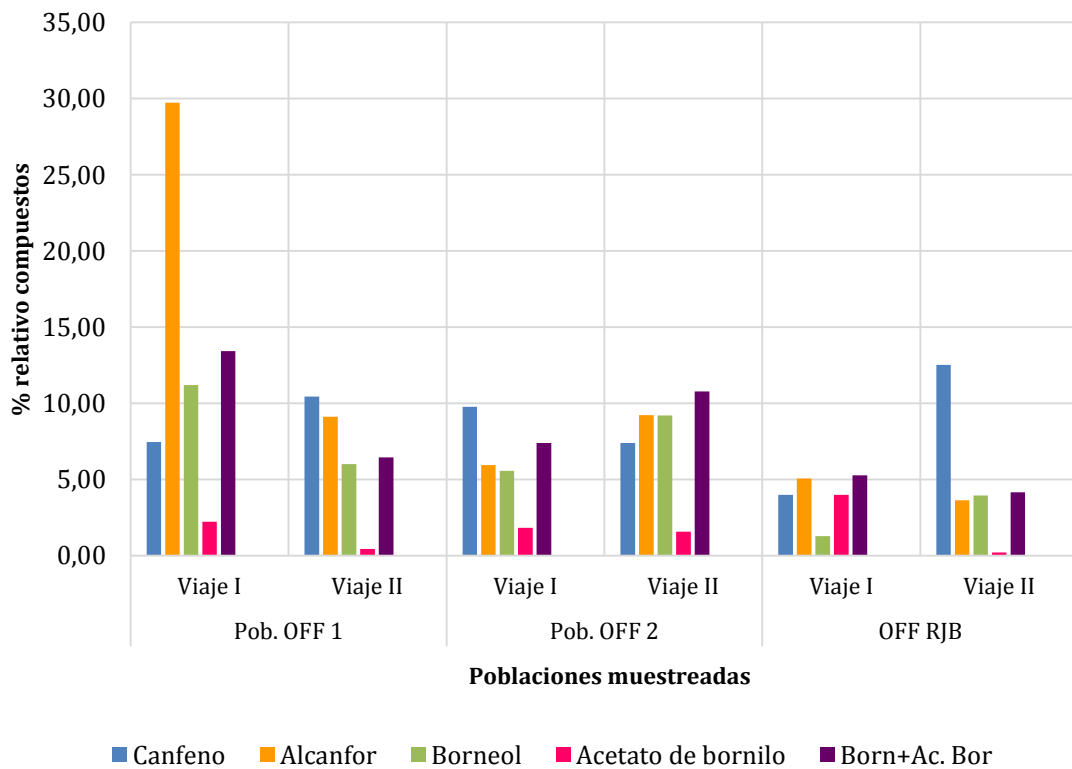
El *R. officinalis* cultivado en el RJB-CSIC no se adapta a ninguno de los patrones de las poblaciones silvestres, ya que en junio no predomina ninguna de las dos vías metabólicas y que en septiembre hay un claro predominio de la vía del canfeno.



Gráfica 5-38: *R. eriocalix*. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.



Gráfica 5-39: *R. tomentosus*. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor.



Gráfica 5-40: *R. officinalis*. Relación borneol+acetato de bornilo, canfeno y alcanfor

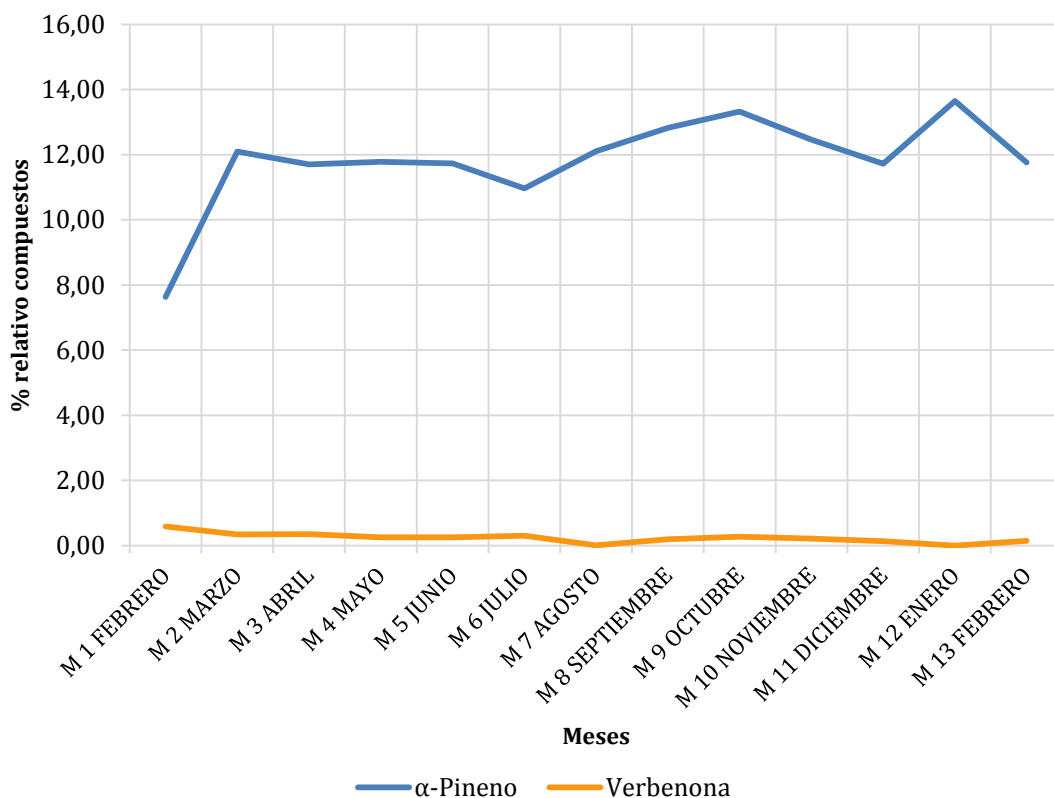
5.4.3 PINENO Y VERBENONA

El α -pineno es uno de los principales compuestos alelopáticos, presente en muchas especies, especialmente del género *Pinus*. En *R. officinalis* es uno de los compuestos mayoritarios (Nogués *et al.*, 2015; Hudaib *et al.*, 2015; Koedam, 1982; Napoli, 2010; Daferera *et al.*, 2000).

En el caso del presente estudio también es uno de los componentes mayoritarios: 7,63% febrero-13,64% enero 2001 para RO; 12,77% marzo-28,71% febrero 2002 para ROU; 7,50% marzo-30,74% agosto para ROCF; 10,54% febrero-25,19% octubre para ROCS.

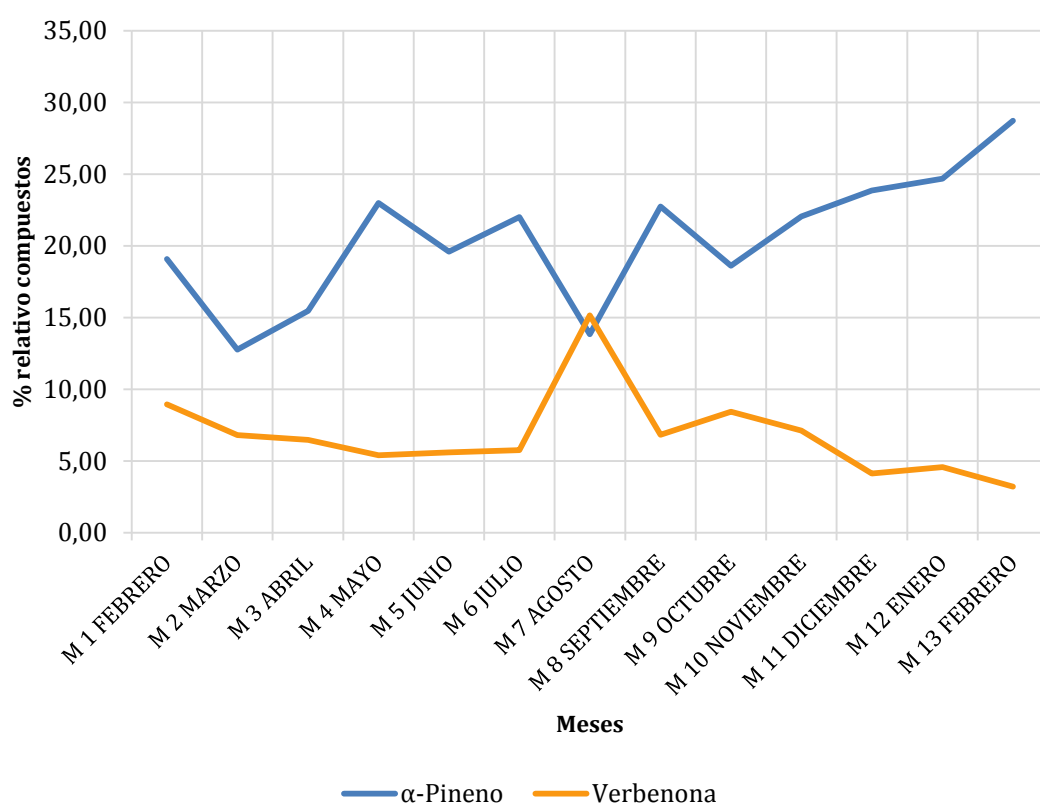
Encontramos siempre mayores proporciones de α -pineno que de verbenona y con unas diferencias muy marcadas en sus concentraciones relativas.

En RO las concentraciones relativas de verbenona son las más pequeñas, siempre por debajo del 1% (Gráfica 5-41).



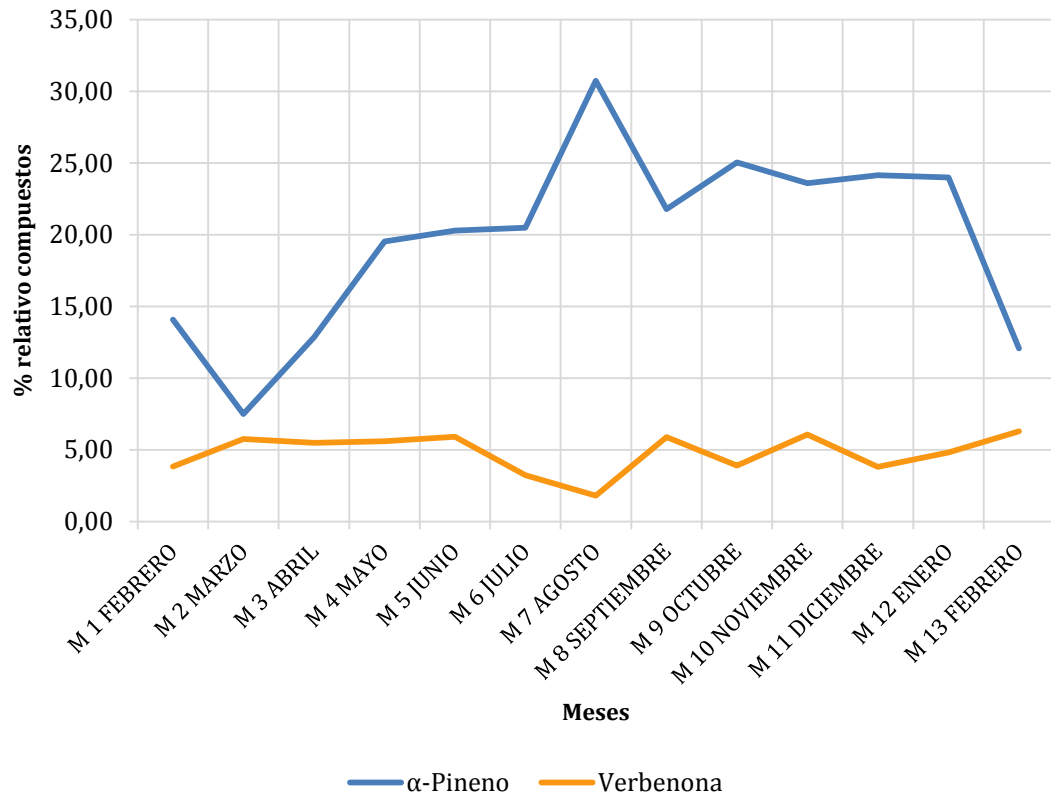
Gráfica 5-41: RO. Relación α -pineno y verbenona.

En ROU el patrón de máximos de α -pineno y mínimos de verbenona también se cumple, pero excepcionalmente se dio una gran oxidación hacia la verbenona en agosto con el consiguiente descenso de α -pineno (Gráfica 5-42). Akrou *et al.* (2010) encontraron, para ejemplares de *R. officinalis* cultivados en Túnez y sólo para el mes de agosto, grandes cantidades de verbenona. Debido a estos datos, los autores definen un ecotipo: 1,8-cineol, alcanfor, α -pineno, verbenona y borneol. Las variaciones fenológicas de la verbenona encontradas en este estudio, hacen pensar que no debería definirse un ecotipo sólo con los valores de un mes concreto.



Gráfica 5-42. ROU. Relación α -pineno y verbenona.

En la población asilvestrada ROCF el comportamiento en el mes de agosto es justamente al contrario, hay mucho más α -pineno a costa de un descenso de verbenona. En ROCS el patrón es el mismo pero la variación temporal es más progresiva (Gráfica 5-43 y Gráfica 5-44). Estas diferencias pueden ser debidas a los tratamientos post-recolección que implican evaporaciones diferenciales en el α -pineno.



Gráfica 5-43: ROCF. Relación α -pineno y verbenona.



Gráfica 5-44: ROCS. Relación α -pineno y verbenona.

En las muestras del sureste peninsular de las tres especies del género, vemos que el patrón anteriormente descrito para *R. officinalis* sigue cumpliéndose.

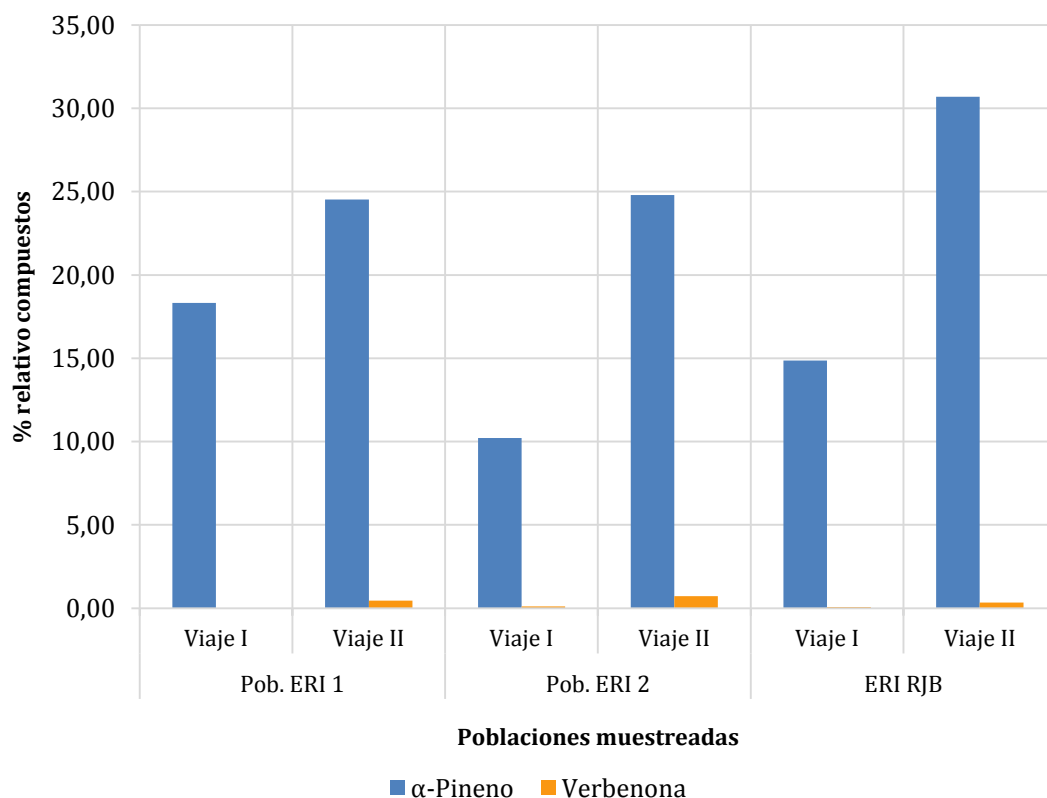
Para la verbenona, *R. eriocalix* siempre presenta concentraciones relativas inferiores al 1% (Gráfica 5-45).

R. tomentosus, en cambio, es más variable, con una concentración relativa de verbenona superior al 1% en junio para la población TOM1 e inferiores en el mes de septiembre, y en TOM RJB en ambos meses de recolección (Gráfica 5-46).

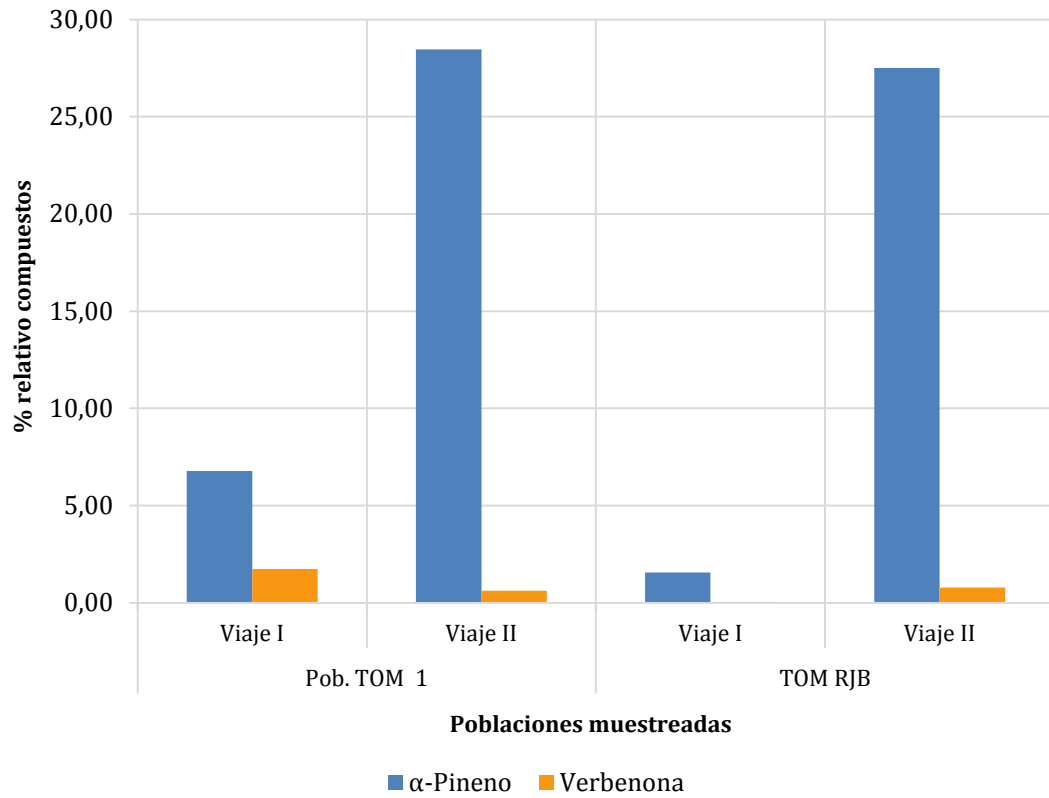
La población OFF1 de *R. officinalis* en junio y la población OFF2 en septiembre, también presentan una concentración relativa superior al 1%. La población OFF1 en septiembre y la OFF2 en junio, presentan el mismo comportamiento que RO (Gráfica 5-47).

R. eriocalix y *R. tomentosus* presentan los máximos de α -pineno en el mes de septiembre.

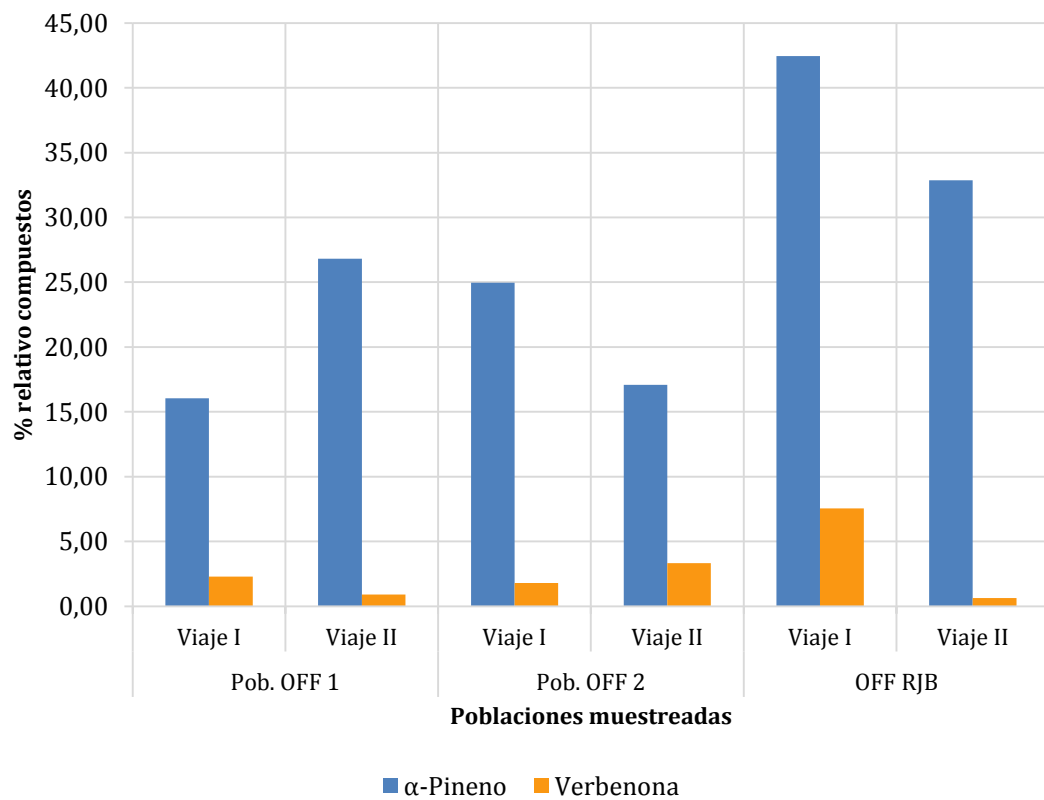
El individuo cultivado en el RJB-CSIC de *R. eriocalix* sigue el mismo patrón que los individuos de la población ERI2 de donde procede; en cambio, el individuo cultivado de *R. tomentosus* presenta un descenso muy pronunciado de α -pineno, cuyos niveles se recuperan en septiembre. El individuo cultivado de *R. officinalis* presenta en junio la mayor concentración relativa de α -pineno y de verbenona para el conjunto de muestras analizadas en la prospección de las tres especies del género.



Gráfica 5-45: *R. eriocalix*. Relación α -pineno y verbenona.



Gráfica 5-46: *R. tomentosus*. Relación α -Pineno y Verbenona.

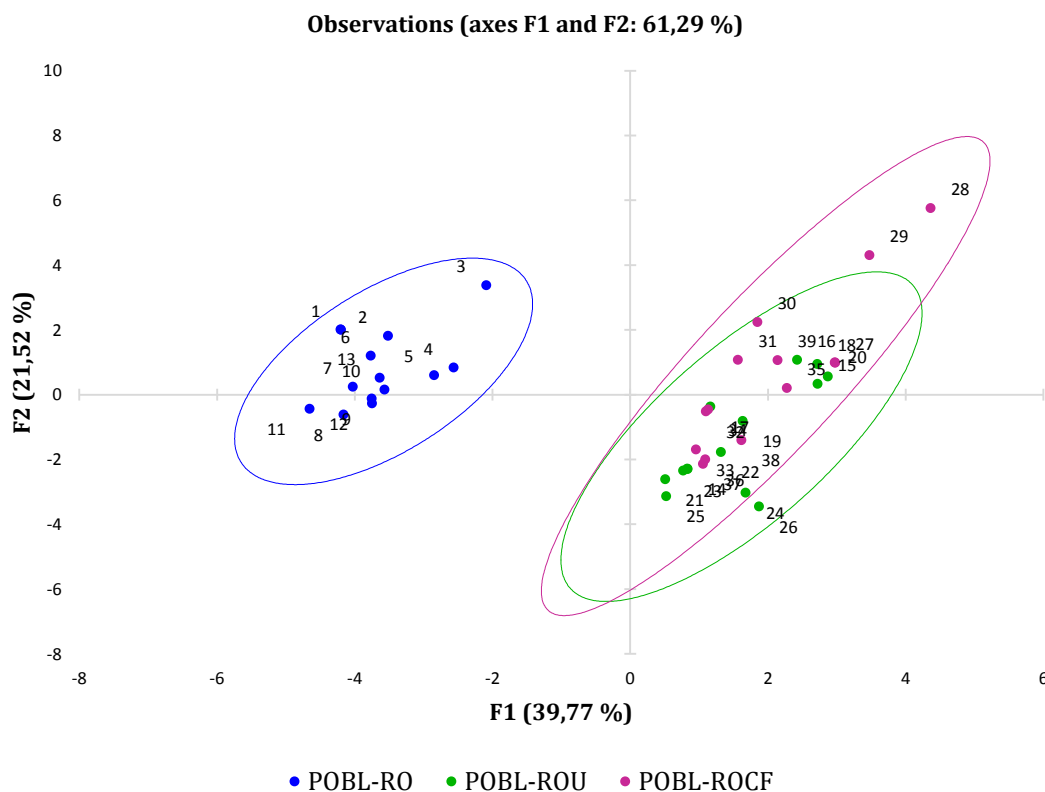


Gráfica 5-47: *R. officinalis*. Relación α -Pineno y Verbenona.

5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

5.5.1 POBLACIONES DEL ESTUDIO FENOLÓGICO DE *R. OFFICINALIS* EN LA PROVINCIA DE MADRID

Para la población silvestre (RO), cultivada (ROU) y asilvestrada (ROCF) se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Gráfica 5-48) con los compuestos más representativos. Se observa que la variación dentro de cada población de la composición del aceite esencial es menos patente que la variación entre el aceite esencial de la población silvestre y las poblaciones cultivadas y asilvestrada, estando más próximas entre si estas últimas.

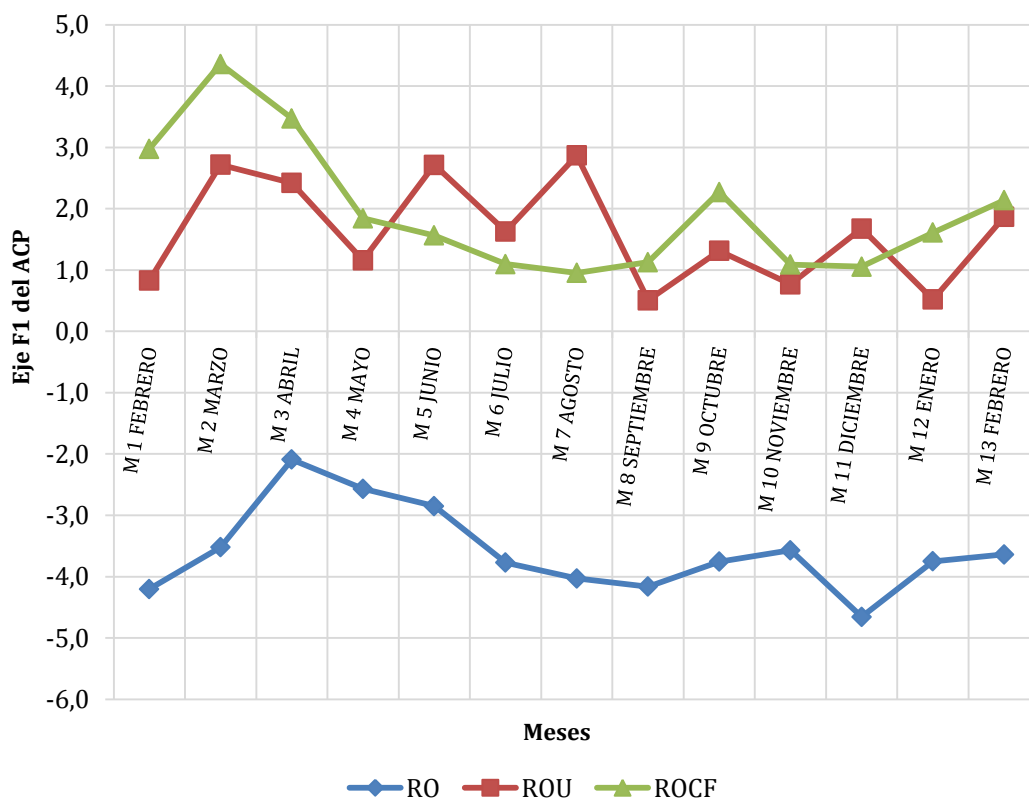


Gráfica 5-48: Análisis de componentes principales para las poblaciones RO, ROU y ROCF.

El extremo negativo del eje F1 del ACP corresponde con una alta concentración relativa de mirceno en el aceite esencial, mientras que el extremo positivo se relaciona con altas concentraciones relativas de terpinoleno y borneol

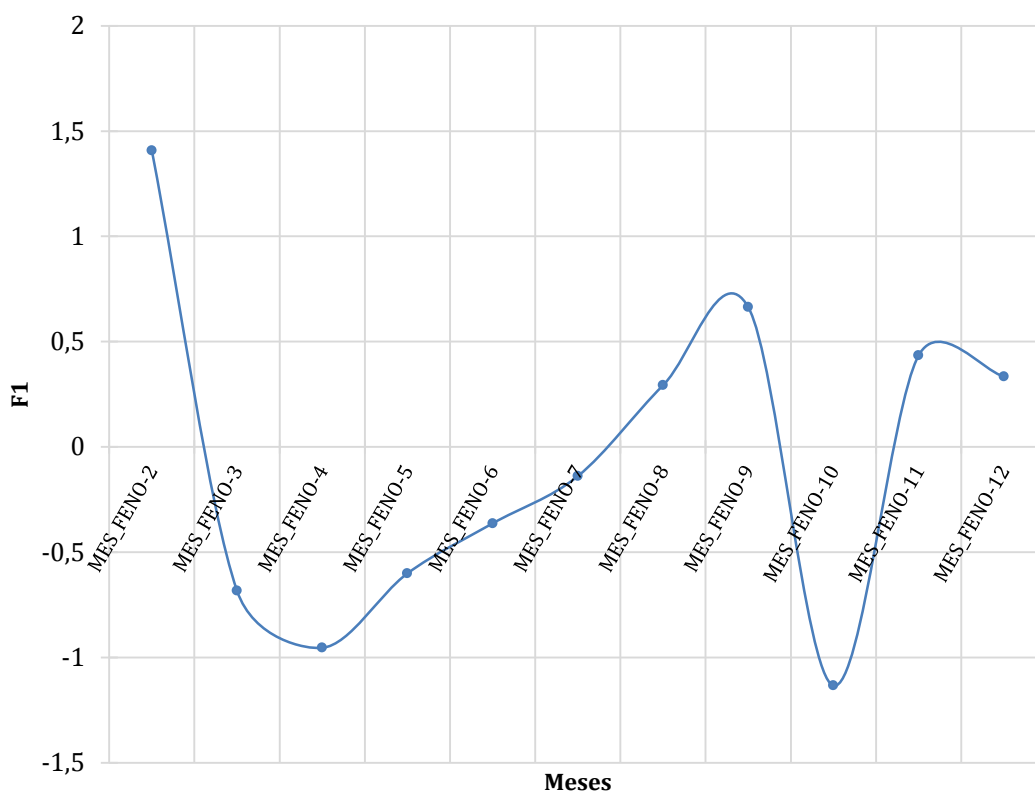
Por otra parte, el eje F1 del ACP absorbe la mayor parte de la variación. Si analizamos la evolución temporal de F1 (Gráfica 5-49), se observa que las poblaciones RO y ROCF

siguen el mismo patrón de comportamiento fenológico pero la población RO con un mes de retraso debido a la localidad donde crece a mayor altitud y con temperaturas ligeramente más frescas. En cambio la población ROU, por ser la cultivada, no presenta una variación estacional clara.



Gráfica 5-49: Evolución del eje F1 del ACP para las poblaciones RO, ROU y ROCF.

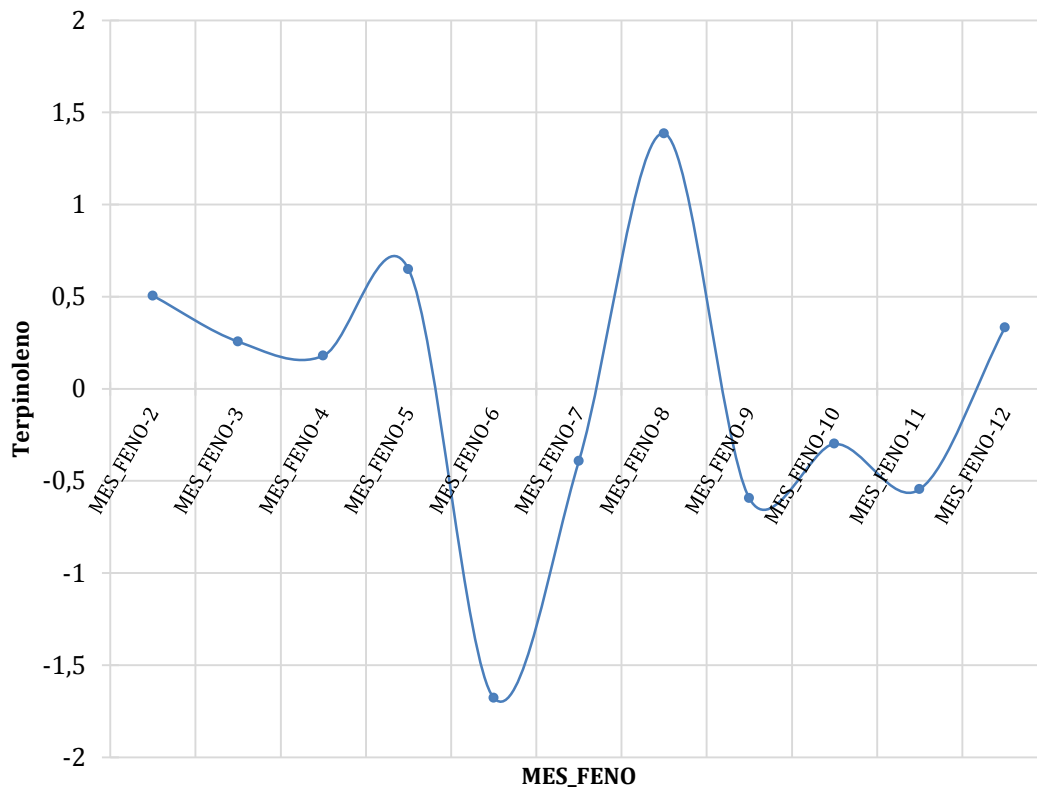
Se ha asumido como hipótesis que los cuidados de jardinería a los que se ve sometida la población ROU alteran la variación fenológica del aceite esencial, al menos para la variación absorbida por el eje F1 de los compuestos representativos, por lo que sólo se compara la variación de las poblaciones RO y ROCF con un ANOVA mensual de F1. Para poder comparar estas dos series hemos utilizado la variación mensual de cada compuesto y de F1 (Δ Variable) y reajustando el retraso fenológico de RO respecto a ROCF. Al hacer la ANOVA mensual de F1 (Gráfica 5-50) se encuentra que la variación anual de F1 en las dos poblaciones es significativa ($p=0,0038$).



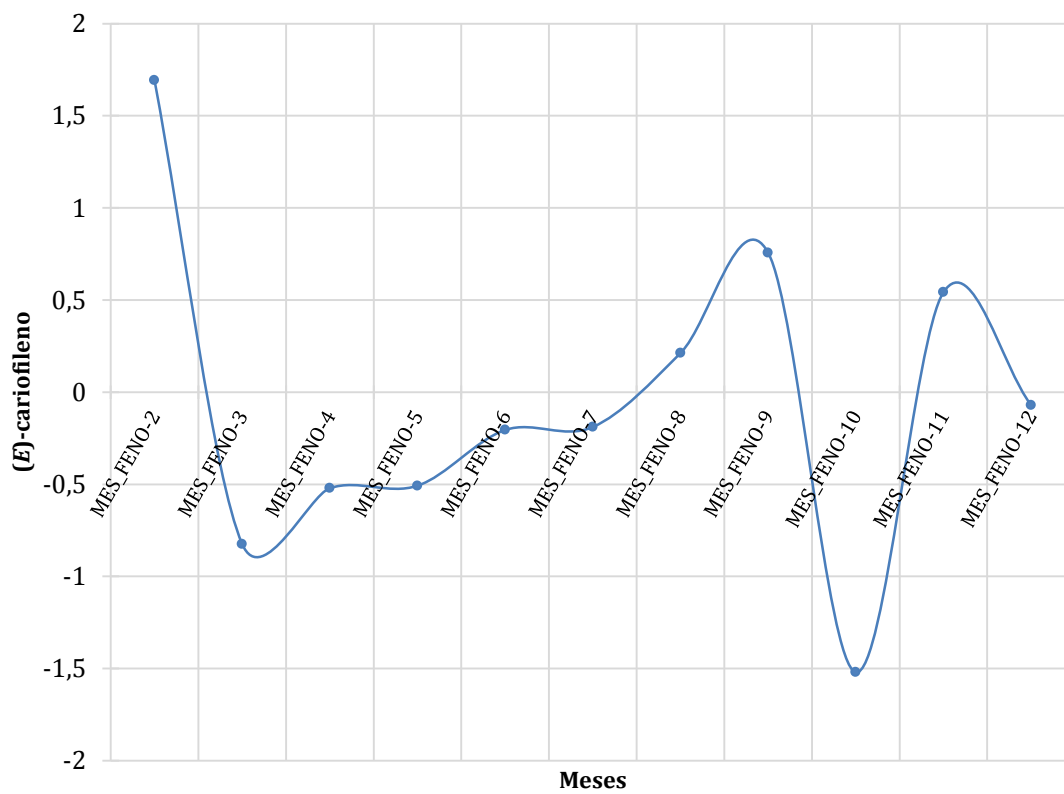
Gráfica 5-50: ANOVA mensual de F1.

También se ha calculado una ANOVA mensual para los compuestos más representativos. Encontramos variaciones anuales significativas en los siguientes compuestos:

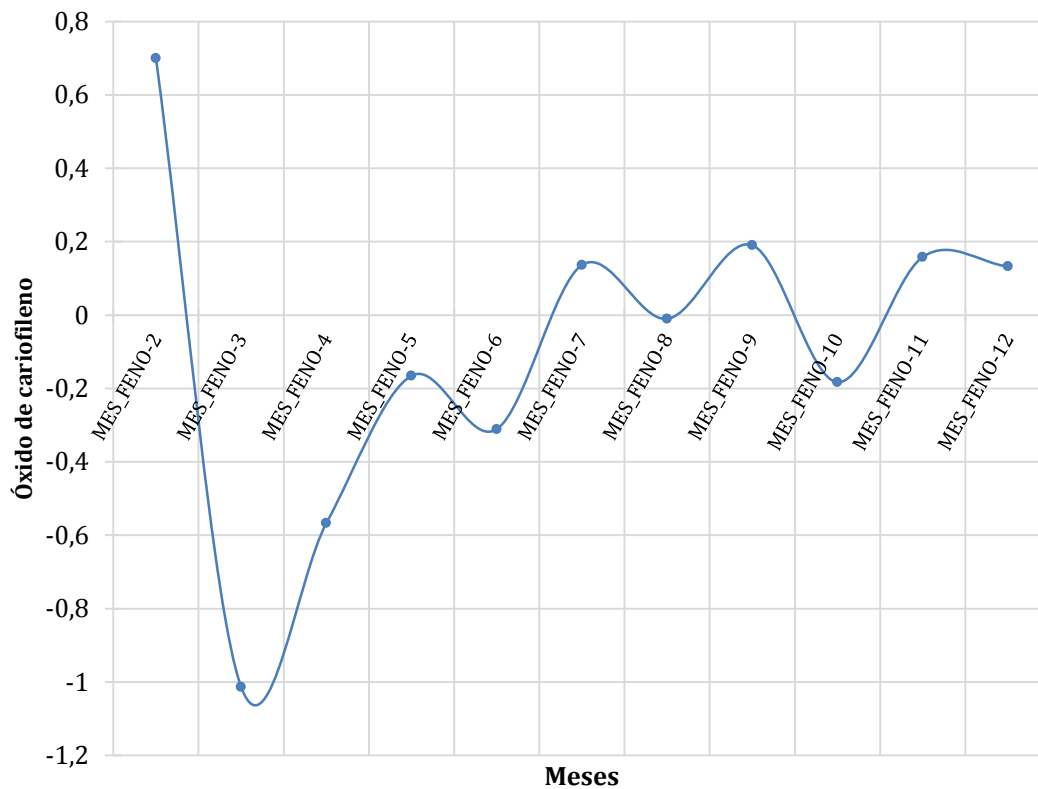
- Terpinoleno ($p=0,0226$) (Gráfica 5-51).
- (*E*)-Cariofileno ($p=0,0017$) (Gráfica 5-52).
- Óxido de cariofileno ($p=0,0038$) (Gráfica 5-53).
- 14-hidroxi-9-epi-cariofileno ($p=0,0489$) (Gráfica 5-54).



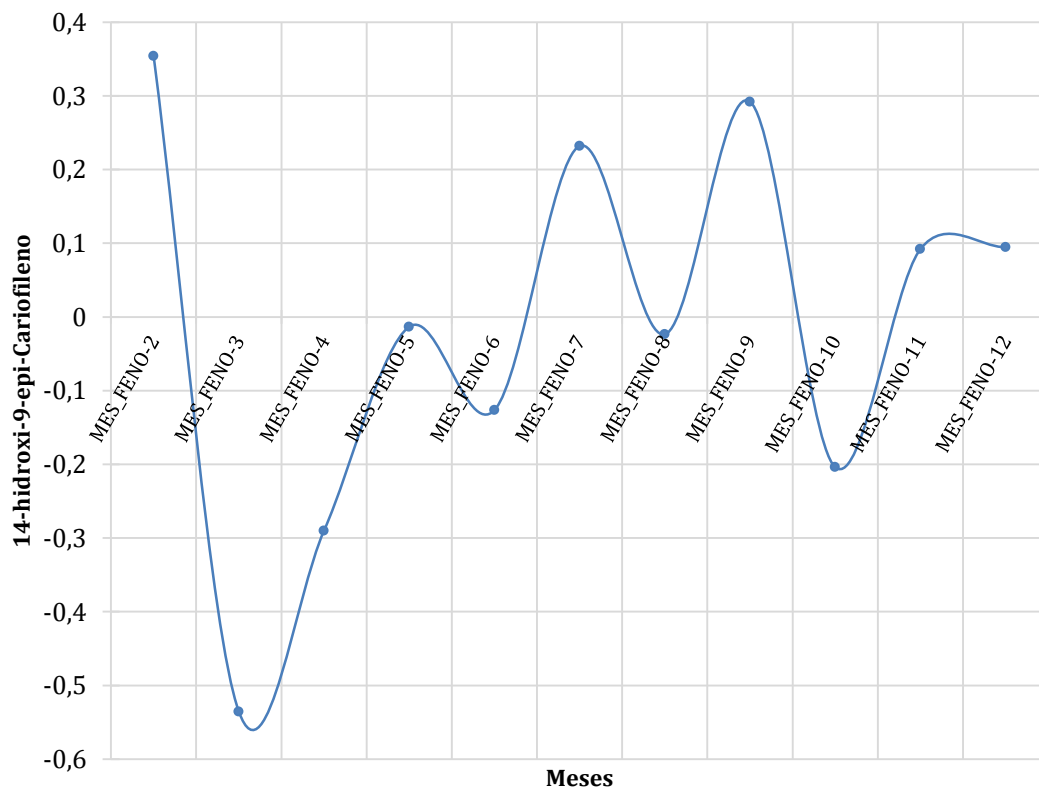
Gráfica 5-51: ANOVA mensual para terpinoleno.



Gráfica 5-52: ANOVA mensual para (E)-Cariofileno.



Gráfica 5-53: ANOVA mensual para óxido de cariofileno.



Gráfica 5-54: ANOVA mensual para 14-hidroxi-9-epi-cariofileno.

Nos interesa conocer la relación entre las concentraciones relativas de determinados compuestos, principalmente porque uno sea precursor del otro (caso limoneno-1,8-cineol) o porque se formen a partir de la misma ruta biogénica (caso borneol-alcanfor)

Para ello se han ajustado los datos a modelos lineales realizándose un test de correlación. En la Tabla 5-14 se muestra el coeficiente de correlación (R) para cada par de compuestos dentro de cada grupo poblacional, que nos informa de si la relación entre los compuestos es directa o inversa y cuánto lo es, y el coeficiente de determinación (R²), que nos permite ver el porcentaje de varianza en la proporción de un compuesto que puede ser explicada mediante el otro compuesto.

Tabla 5-14. Test de correlación (R) entre compuestos más representativos

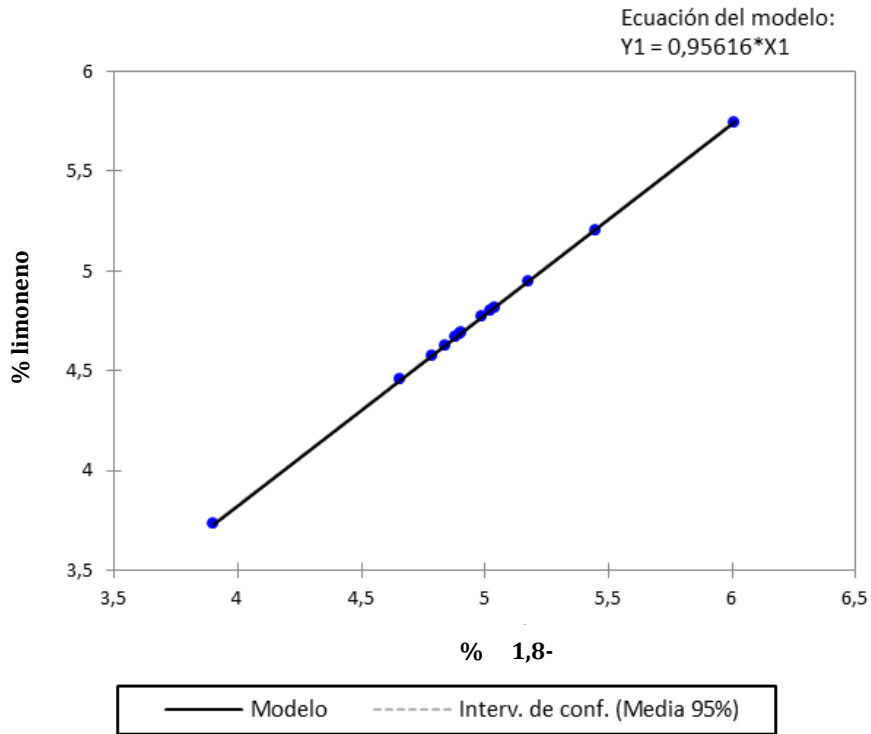
		Lim- 1,8-cin	Bor.- ac.bor	Bor+ac- alc	Bor+ac- canf	α-pin- β-pin	α-pin- verb
RO	R	-0,761	0,546	-0,055	-0,101	-0,411	-0,751
	R ²	0,579	0,298	0,003	0,010	0,169	0,564
ROU	R	1,000	0,095	0,600	-0,908	0,044	-0,685
	R ²	1,000	0,009	0,361	0,824	0,002	0,470
ROCF	R	0,982	0,346	0,816	-0,739	-0,259	-0,552
	R ²	0,964	0,120	0,665	0,546	0,067	0,305

RO: población silvestre; ROU: población cultivada; ROCF: población asilvestrada, muestras congeladas; ROCS: población asilvestrada, muestras secadas al aire. R: Coeficiente de correlación; R²: Coeficiente de determinación. Lim: limoneno; 1,8-cin: 1,8-cineol; bor: borneol; ac. bor: acetato de bornilo; alc: alcanfor; canf: canfeno; α-pin: α-pineno; β-pin: β-pineno; verb: verbenona.

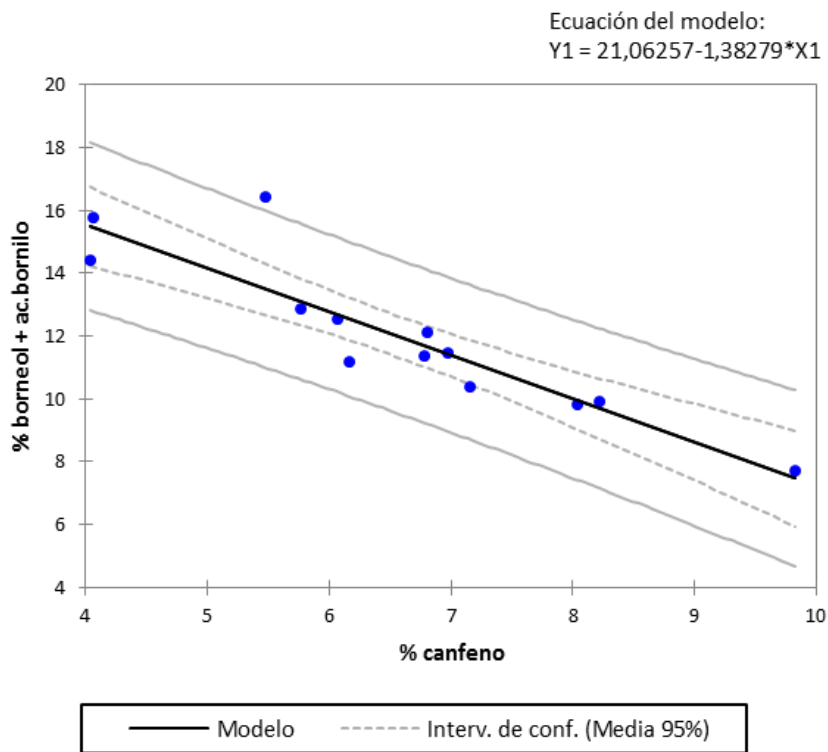
Las dos correlaciones más fuertes (con mayor coeficiente de determinación, R²) resultan ser limoneno-1,8-cineol (Gráfica 5-55, ecuación de la recta modelo) y borneol+acetato de bornilo-canfeno (Gráfica 5-56, ecuación de la recta modelo), ambas para la población cultivada ROU.

Como ya se observaba a partir de los resultados de los análisis cuantitativos, la correlación limoneno-1,8-cineol en ROU es positiva, es decir, hay una relación directa y muy fuerte entre la concentración relativa de ambos compuestos.

En cambio, encontramos una correlación negativa y algo menos fuerte, o inversamente proporcional, entre la concentración relativa de borneol+acetato de bornilo y canfeno.



Gráfica 5-55: ROU. Correlación 1,8-cineol y limoneno.



Gráfica 5-56: ROU. Correlación borneol+acetato de bornilo y canfeno.

En cuanto a los tratamientos post-recolección, la volatilidad de ciertos compuestos va a determinar si sus concentraciones relativas varían al secarse la muestra a temperatura ambiente (ROCS) respecto a congelarla tras su recolección (ROCF). Para comparar ambos métodos de procesado de las muestras se han realizado pruebas paramétricas para muestras pareadas (test t de Student) comparando los datos de los compuestos más representativos entre ROCF y ROCS. En la Tabla 5-15 se recogen los resultados del test t de Student realizado y se señalan en negrita los compuestos en los que la variación de su concentración relativa entre los distintos tratamientos es significativa y en cuál de ellos este valor es mayor en el aceite esencial.

Las concentraciones relativas de dichos compuestos según el tratamiento post-recolección son significativamente distintas para mirceno, limoneno, β -felandreno, alcanfor, borneol y acetato de bornilo, que se encuentran en mayor proporción en ROCF y para 1,8-cineol, terpinoleno y 14-hidroxi-9-epi-cariofileno, con mayor proporción en ROCS. Esto es debido a que durante el proceso de secado a temperatura ambiente se evapora el agua y los compuestos más volátiles, por ello aparentemente la esencia es más pobre en estos compuestos más volátiles y más rica en aquellos de menor volatilidad.

Tabla 5-15: ROCF y ROCS: Diferencias según el tratamiento post-recolección

Compuesto	Mayor proporción en	t-Student (p-valor)
α -Pino	ROCF	0,51
Canfeno	ROCF	0,98
Mirceno	ROCF	0,01
α -Terpineno	ROCS	0,09
p-Cimeno	ROCF	0,34
Limoneno	ROCF	0,00
β-Felandreno	ROCF	0,00
1,8-Cineol	ROCS	0,00
Terpinoleno	ROCS	0,00
Alcanfor	ROCF	0,00
Borneol	ROCF	0,00
Verbenona	ROCS	0,55
Acetato de bornilo	ROCF	0,03
(E)-Cariofileno	ROCS	0,90
α -Humuleno	ROCS	0,46
Óxido de cariofileno	ROCF	0,09
Cariofila-4(14),8(15)-dien-6- α -ol	ROCF	0,79
14-hidroxi-9-epi-Cariofileno	ROCS	0,02

ROCF: población asilvestrada, tratamiento post-recolección: congelación.

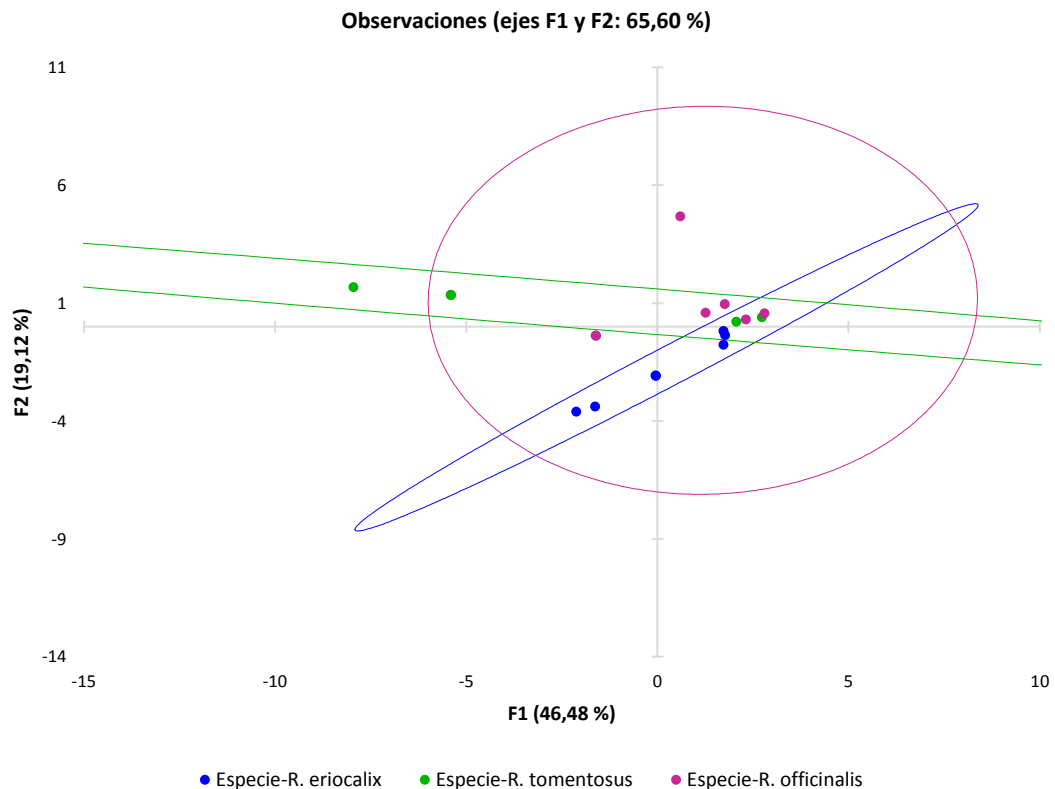
ROCS: población asilvestrada, tratamiento post-recolección: secado.

Tras los análisis presentados en este trabajo, podemos inferir que los quimiotipos que se citan en la bibliografía (Salido *et al.*, 2003; Tucker and Maciarelo, 1986; Diab *et al.*, 2002; Napoli, 2010; El Amrani *et al.*, 2000; Angioni *et al.*, 2004) corresponden a muestras recolectadas en una época determinada. En este estudio fenológico exhaustivo se aprecia que durante la fenología hay fluctuaciones cuantitativas, de tal forma que los compuestos mayoritarios pueden cambiar a lo largo del ciclo fenológico, por lo que el quimiotipo dado para la esencia extraída, por ejemplo, en primavera, puede no corresponderse con el de otro, por ejemplo en verano.

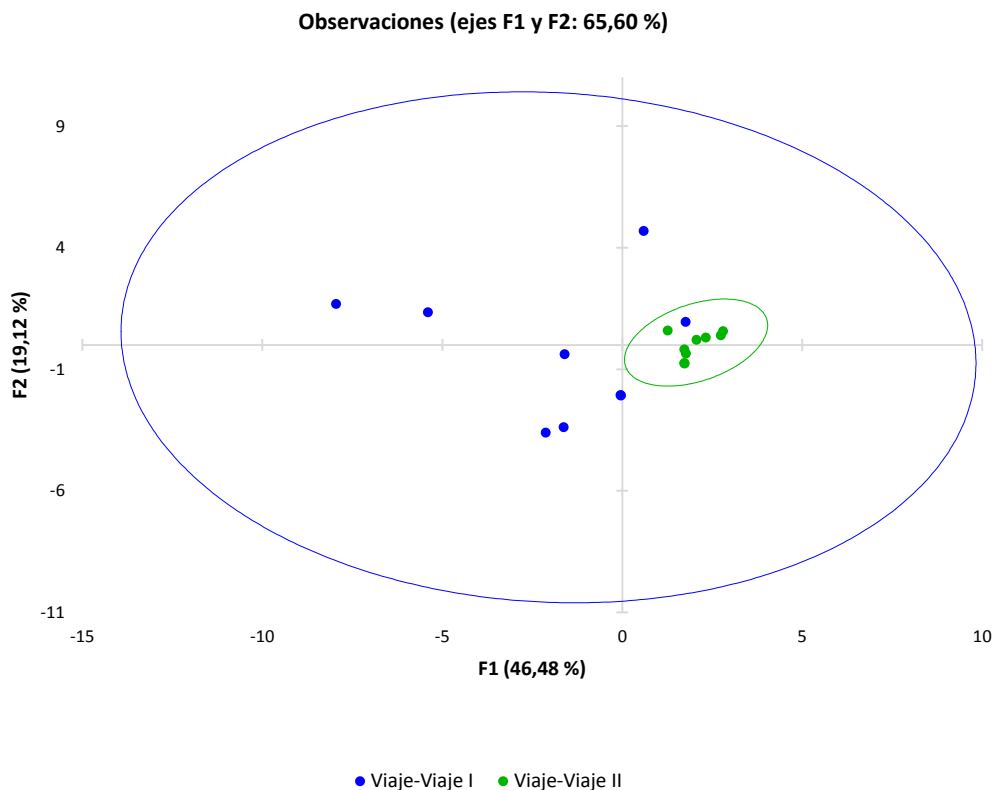
5.5.2 POBLACIONES DEL GÉNERO *ROSMARINUS* EN EL SURESTE PENINSULAR

Con los datos recogidos en los muestreos del sureste peninsular se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (ACP) con los compuestos más representativos para estudiar la variación entre las tres especies estudiadas. Se puede apreciar una cierta separación entre *R. eriocalix* y *R. tomentosus*, mientras que *R. officinalis* no presenta una separación clara de ninguna de las dos especies (Gráfica 5-57). Para poder estudiar claramente si hay variación en la composición del aceite esencial por especies serían necesarias más muestras que las que se analizan en este trabajo.

Independientemente de la especie, se observa una variabilidad menor en los compuestos de las muestras de septiembre que en las de junio (Gráfica 5-58)



Gráfica 5-57: ACP para *R. eriocalix*, *R. tomentosus* y *R. officinalis*.



Gráfica 5-58: ACP para los compuestos principales según la época de recolección.

Por otra parte, se ha realizado un test de correlación para los compuestos más representativos relacionados biogenéticamente en el que se aprecia una correlación positiva.

Tabla 5-16: Test de correlación (R) entre compuestos más representativos.

		Lim-1,8-cin	Bor-ac.bor	Bor+ac-alc	Bor+ac-canf	α -pin- β -pin	α -pin-verb
Viaje I	R	0,907	-0,533	0,083	-0,601	0,677	0,831
	R ²	0,823	0,284	0,007	0,361	0,458	0,691
Viaje II	R	0,113	0,749	0,160	-0,922	0,837	-0,819
	R ²	0,013	0,561	0,026	0,850	0,701	0,672

R: Coeficiente de correlación; R²: Coeficiente de determinación. Lim: Limoneno; 1,8-cin: 1,8-cineol; Bor: Borneol; Ac. Bor: Acetato de bornilo; Alc: Alcanfor; Canf: Canfeno; α -Pin: α -Pineno; β -Pin: β -Pineno; Verb: Verbenona.

La correlación limoneno-1,8-cineol en las recolecciones realizadas en junio es positiva, es decir, hay una relación directa y fuerte entre la concentración relativa de ambos compuestos.

Por el contrario, se observa una correlación negativa entre borneol+acetato de bornilo y canfeno en las recolecciones del mes de septiembre.

CONCLUSIONES

6 CONCLUSIONES

1. Las variaciones en la composición química del aceite esencial de *R. officinalis* a lo largo del ciclo fenológico podrían deberse a la necesidad de responder a factores abióticos como las condiciones climáticas.
2. Debido a las variaciones fenológicas es muy difícil establecer quimiotipos.
3. La composición química del aceite esencial se ve afectada por el tratamiento post-recolección; la riqueza en compuestos volátiles disminuye por el proceso de secado a temperatura ambiente respecto al tratamiento de congelación.
4. La población cultivada de *R. officinalis* presenta diferencias en la composición de la esencia respecto a la población silvestre y asilvestrada debidas a los cuidados de jardinería que recibe.
5. En las poblaciones silvestres y asilvestrada de las tres especies del género *Rosmarinus* se tiende a favorecer las rutas metabólicas en las que los compuestos formados son defensivos frente a otros organismos.
6. En la composición de las esencias se aprecia que aquellas vías metabólicas que conducen a compuestos muy volátiles para evitar la pérdida de agua por evapotranspiración en las épocas de sequía se ven favorecidas.
7. Las poblaciones de *R. officinalis* creciendo en localidades con un mayor índice de termicidad presentan abietadieno, compuesto antioxidante, el que ejerce un efecto protector frente al estrés oxidativo.
8. En la pareja de compuestos limoneno-1,8-cineol biogenéticamente relacionados predomina claramente el último debido a sus propiedades alelopáticas, antisépticas y su alta volatilidad.
9. En la pareja α -pineno-verbenona se ve un predominio de α -pineno salvo en la muestra del mes de agosto de la población cultivada de Madrid (ROU).
10. La relación entre las vías metabólicas que conducen a borneol-alcanfor o a canfeno es diferente según las poblaciones, en unos casos predomina la primera y en otros la que conduce al canfeno, en función de factores extrínsecos.
11. La composición química del aceite esencial de las tres especies autóctonas de la Península Ibérica no presenta diferencias cualitativas pero si cuantitativas.
12. En todos los casos predominan los compuestos monoterpénicos frente a los sesquiterpénicos.
13. No se ha encontrado ningún compuesto químico que claramente caracterice a una especie frente a las otras
14. La diferencia cuantitativa más notable se refiere al acetato de bornilo en *R. tomentosus* donde tiene la mayor cantidad de todas las muestras con casi un 7%.
15. En *R. eriocalix* las dos poblaciones silvestres presentan comportamiento contrario en algunos casos como la presencia de compuestos sesquiterpénicos como el (E)-cariofileno y derivados o el α -humuleno.
16. El ejemplar del RJB-CSIC tiene un comportamiento análogo al de la población silvestre del que es originario.

BIBLIOGRAFÍA

7 BIBLIOGRAFÍA

- Adams, R. P. (Ed) (1995). *Identification of essential oils components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Carol Stream, IL: Allured Publishing Co.
- Adams, R. P. (Ed) (2001). *Identification of essential oils components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Carol Stream, IL: Allured Publishing Co.
- Adorjan, B. & Buchbauer, G. (2010). Biological properties of essential oils: an updated review. *Flavour and Fragrance Journal* 25: 407-426.
- Agrawal, A. A. (2007). Macroevolution of plant defense strategies. *Trends in Ecology and Evolution* 22(2): 103-109.
- Akrout, A., Hajlaoui, H., Mighri, H., Najjaa, H., El Jani, H., Zaidi, S. & Neffati, M. (2010). Chemical and biological characteristics of essential oil of *Rosmarinus officinalis* cultivated in Djerba. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 13(4): 398-411.
- Almela, L., Sánchez-Muñoz, B., Fernández-López, J. A., Roca, M. J. & Rabe, V. (2006). Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *J. Chromatogr. A* 1120: 221-229.
- Angioni, A., Barra, A., Cereti, E., Barile, D., Coisson, J. D., Arlorio, M., Dessi, S., Coroneo, V. & Cabras, P. (2004). Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(11): 3530-3535.
- Anthos (2015). Sistema de información de las plantas de España. Real Jardín Botánico, CSIC- Fundación Biodiversidad.
- Arnold, N., Valentini, G. & Bellomaria, B. (1997). Comparative Study of the Essential Oils from *Rosmarinus eriocalyx* Jordan & Fourr. from Algeria and *R. officinalis* L. from Other Countries. *Journal of Essential Oil Research* 9(2): 167-175.
- Azirak, S. & Karaman, S. (2008). Allelopathic effect of some essential oils and components on germination of weed species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 58(1): 88-92.
- Baratta, M. T., Dorman, H. J. D., Deans, S. G., Figueiredo, A. C. & Barroso, J. G. (1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and Fragrance Journal* 13: 235-244.
- Barroso, J. G., Pedro, L. G., Figueiredo, A. C., Pais, M. S. S. & Schffer, J. J. (1992). Seasonal variation in the composition of the essential oil of *Crithmum maritimum* L. (Conference Paper) *Flavour and Fragrance Journal* 7: 147-150.
- Baser, K. H. C. & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of essential oils : science, technology, and applications*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press. Taylor & Francis Group
- Baydar, H., Özkan, G., Erbaş, S. & Altındal, D. (2009). Yield, chemical composition and antioxidant properties of extracts and essential oils of sage and rosemary depending on seasonal variations. In *Acta Horticulturae*, Vol. 826, 383-390.
- Blanca, G. & Cueto, M. (1987). *Rosmarinus tomentosus* Huber-Morat & Maire (Lamiaceae). In *Libro Rojo de Especies Vegetales amenazadas de España Peninsular e Islas Baleares* 496-497 (Ed C. e. a. Gómez Campo). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA.

- Boelens, M. H. (1985). The essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. . *Perfumer and Flavorist* 10(October/November): 21-37.
- Bolós Vayreda, A. (1962). Sobre *Rosmarinus tomentosus* Hub. et Maire. *Collectanea Botanica* 6: 367-371.
- Bouchra, C., Achouri, M., Hassani, L. M. I. & Hmamouchi, M. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. *Journal of Ethnopharmacology* 89: 165-169.
- Bourgaud, F., Grivot, A., Milesi, S. & Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science* 161: 839-851.
- Bousbia, N., Vian, M. A., Ferhat, M. A., Petitcolas, E., Meklati, B. Y. & Chemat, F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. *Food Chemistry* 114: 355-362.
- Boyle, T. H., Craker, L. E. & Simon, J. E. (1991). Growing Medium and Fertilization Regime Influence Growth and Essential Oil Content of Rosemary. *HortScience* 26(1): 33-34.
- Buchbauer, G. (1990). Aromatherapy: Do Essential Oils Have Therapeutic Properties? *Perfum. Flavor.* 15: 47-50.
- Buchbauer, G. & Jirovetz, L. (1994). Aromatherapy-Use of Fragrances and Essential Oils as Medicaments. *Flavour and Frag. J.* 9: 217-222.
- Cabezudo, B., Navarro, T., Pérez Latorre, A. V., Navas, P. & Gil, Y. (1999). *Rosmarinus tomentosus* Huber-Morath & Maire In *Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía. Especies en Peligro de Extinción.*, Vol. I(Eds G. Blanca and B. Cabezudo). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Cabezudo, B., Pérez Latorre, A. V., Navas, D., Caballero, G. & Gavira, O. (2004). Aportaciones a la flora de Andalucía. III. *Acta Botanica Malacitana* 29: 311-315.
- Castro, L. (2003). Estudio de la fracción volátil y de las características sensoriales de mieles monoflorales y de mielada. In *Departamento de Química Analítica y Tecnología de Alimentos* Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Celiktas, O. Y., Kocabas, E. E. H., Bedir, B., Sukan, F. V., Ozek, T. & Baser, K. H. C. (2007). Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chemistry* 100: 553-559.
- Chaintreau, A. (2001). Simultaneous distillation–extraction: from birth to maturity—review. *Flavour and Fragrance Journal* 16(2): 136-148.
- Daferera, D. J., Ziogas, B. N. & Polissiou, M. G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 2576-2581.
- Di Ferdinando, M., Brunetti, C. & Agati, G. (2014). Multiple functions of polyphenols in plants inhabiting unfavorable Mediterranean areas. *Environmental and Experimental Botany* 103 107–116.
- Diab, Y., Auezoba, L., Chebib, H., Chalchat, J. C. & Figueredo, G. (2002). Chemical composition of lebanese rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil as a function of the geographical region and the harvest time. *Journal of Essential Oil Research* 14(6): 449-452.
- El Amrani, A., Zrira, S. & Benjilali, B. (2000). A study of moroccan rosemary oils. *Journal of Essential Oil Research* 12: 487-495.

- Erman, W. F. (1967). Photochemical transformations of unsaturated bicyclic ketones. Verbenone and its photodynamic products of ultraviolet irradiation. *Journal of the American Chemical Society* 89(15): 3828–3841.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G. & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal* 23: 213–226.
- Font Quer, P. (2002). *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. Barcelona: Ediciones Península.
- Hernández-Bermejo, E., Prados, J., Díaz, A. & Herrera-Molina, F. (2003). *Rosmarinus tomentosus* Huber-Morath & Maire. In *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*(Ed A. Bañares). Ministerio de Medio Ambiente.
- Holopainen, J. K. (2004). Multiple functions of inducible plant volatiles. *Trends in Plant Science* 9(11): 529-533.
- Hudaib, M. M., Tawaha, K. A., Hudaib, H. S. & Battah, A. H. (2015). Chemical composition of volatile oil from the aerial parts of *Rosmarinus officinalis* L. grown in Jordan. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 18(5): 1282-1286.
- Ishikawa, M., Shuto, Y. & Watanabe, H. (1986). b-Myrcene, a potent attractant component of pine wood for the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Agricultural and Biological Chemistry* 50(7): 1863-1866.
- Isman, M. B., Miresmailli, S. & Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem Reviews* 10: 197-204.
- Izco, J. (Ed) (2004). *Botánica*. Madrid: McGraw-Hill.
- Jennings, W. & Shibamoto, T. (1980). *Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography*. New York: Academic Press.
- Jordán, M. J., Lax, V., Rota, M. C., Lorán, S. & Sotomayor Sánchez, J. A. (2013). Effect of bioclimatic area on the essential oil composition and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L. *Food Control* 30: 463-468.
- Joulain, D. & König, A. W. (Eds) (1998). *The Atlas of Spectral Data of Sesquiterpene Hydrocarbons*. Hamburg, Germany: E.B.-Verlag.
- Kaloustian, J., Portugal, H., Pauli, A. M. & Pastor, J. (2002). Chemical, chromatographic, and thermal analysis of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). *Journal of Applied Polymer Science* 83: 747-756.
- Koedam, A. (1982). Composition of the volatile oils from dalmatian rosemary and sage. Influence of the method of isolation on terpene patterns. *Fitoterapia* 9: 125-141.
- Laguna, A. (1555). *Pedacio Dioscorides Anarzabeo, acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos*. Antwerp.: Casa de Iuan Latio.
- Lemos, M. F., Fumiere, M., Poltronieri, H., Coutinho, D. & Scherer, R. (2015). Seasonality modifies rosemary's composition and biological activity. *Industrial Crops and Products* 70: 41–47.
- Lichtenthaler, H. (1999). The 1-deoxy-D-sylulose-5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 47-65.
- Lo Presti, M., Ragusa, S. & al., e. (2005). A comparison between different techniques for the isolation of rosemary essential oil. *Journal of Separation Science* 28: 273-280.

- López-Muñoz, F., Alamo, C. & García-García, P. (2006). "The herbs that have de property of healing...": The phytotherapy in *Don Quixote*. *Journal of Ethnopharmacology* 106: 429-441.
- Loreto, F., Pollastri, S. & Fineschi, S. (2014). Volatile isoprenoids and their importance for protection against environmental constraints in the Mediterranean area. *Environmental and Experimental Botany* 103: 99-106.
- Lubbe, A. & Verpoorte, R. (2011). Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products* 34: 785-801.
- Llusià, J., Peñuelas, J., Giorgio, A., Alessio, A. & Estiarte, M. (2006). Seasonal contrasting changes of foliar concentrations of terpenes and other volatile organic compound in four dominant species of a Mediterranean shrubland submitted to a field experimental drought and warming. *Physiologia Plantarum* 127: 632-649.
- Macías, F. A., Galindo, J. L. G. & Galindo, J. C. G. (2007). Evolution and current status of ecological phytochemistry. *Phytochemistry* 68: 2917-2936.
- Macleod, A. J. (1986). On essential oils. *Flavour and Fragrance Journal* 1: 187-188.
- Maffei, M. (2010). Sites of synthesis, biochemistry and functional role of plant volatiles. *South African Journal of Botany* 76: 612-631.
- Martín, J. P. & Hernández Bermejo, J. E. (2000). Genetic variation in the endemic and endangered *Rosmarinus tomentosus* Huber-Morath & Maire (Labiatae) using RAPD markers. *Heredity* 85: 434-443.
- Méndez-Tovar, I., Sponza, S., Asensio-S-Manzanera, C., Schmiderer, C. & Novak, J. (2015). Volatile fraction differences for Lamiaceae species using different extraction methodologies. *Journal of Essential Oil Research*.
- Morales, R. (2010). Género *Rosmarinus*. In *Flora Ibérica*, Vol. XII, 327-331 (Eds R. Morales, A. Quintanar, F. Cabezas, A. J. Pujadas and S. Cirujano). Madrid: Real Jardín Botánico.
- Morales, R. & Fernández Casas, J. (1988). Asientos para un Atlas Corológico de la Flora Occidental, 9: mapas 79 y 80. *Rosmarinus*. *Fontqueria* 18: 8-11.
- Moretti, M. D. & Peana, A. T. (1998a). Effects of Iron Yield and Composition of *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research* 10(1): 43-49.
- Moretti, M. D. & Peana, A. T. (1998b). Effects of Soil Properties on Yield and Composition of *Rosmarinus officinalis* Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research* 10(3): 261-267.
- Napoli, E. M. C., G. & Ruberto, G. (2010). Screening of the essential oil composition of wild Sicilian rosemary. *Biochemical Systematics and Ecology* 38: 659-670.
- Nogués, I., Muzzini, V., Loreto, F. & Bustamante, M. A. (2015). Drought and soil amendment effects on monoterpene emission in rosemary plants. *Science of the Total Environment* 538: 768-778.
- Ojeda-Sana, A. M., van Baren, C. M., Elechosa, M. A., Juárez, M. A. & Moreno, S. (2013). New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. *Food Control* 31: 189-195.
- Outaleb, T., Hazzit, M., Ferhat, Z., Baaliouamer, A., Yekkour, A., Zitouni, A. & Sabaou, N. (2015). Composition, antioxidant and antimicrobial activities of algerian *Rosmarinus officinalis* L. extracts. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 18(3): 654-665.
- Owen, S. M. & Peñuelas, J. (2005). Opportunistic emissions of volatile isoprenoids. *Trends in Plant Science* 10(9): 420-426.

- Papageorgiou, V. G., C. & al. (2008). Variation of the Chemical Profile and Antioxidant Behavior of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia fruticosa* Miller Grown in Greece. *J Agric Food Chem* 56: 7254-7264.
- Pintore, G., Usai, M., Bradesi, P., Juliano, C., Boatto, G., Tomi, F., Chessa, M., Cerri, R. & Casanova, J. (2002). Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica. *Flavour and Fragrance Journal* 17(1): 15-19.
- Pitarokili, D., Tzakou, O. & Loukis, A. (2008). Composition of the essential oil of spontaneous *Rosmarinus officinalis* from Greece and antifungal activity against phytopathogenic fungi. *Journal of Essential Oil Research* 20(5): 457-459.
- Porter, J. & Spurgeon, S. (1981). *Biosynthesis of isoprenoid compounds*. New York: Wiley-Interscience Publication.
- Qiu, X., Yu, S., Wang, Y., Fang, B., Cai, C. & Liu, S. (2010). Identification and allelopathic effects of 1,8-cineole from *Eucalyptus urophylla* on lettuce. *Allelopathy Journal* 26(2): 255-264.
- Rezzoug, S. A., Baghdadi, M. W., Louka, N., Boutekedjiret, C. & Allaf, K. (1998). Study of a new extraction process: controlled instantaneous decompression. Application to the extraction of essential oil from rosemary leaves. *Flavour and Fragrance Journal* 13: 251-258.
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Madrid: I.C.O.N.A.
- Rivas-Martínez, S. (1991). *Rosmarinus tomentosus* in Rivas-Martínez, S. & P. Canto, Exsiccata Rivasgodayana I. *Rivasgodaya* 6(55): 179.
- Rosúa, J. L. (1981). El complejo *Rosmarinus eriocalyx-tomentosus* en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 37(2): 587-595.
- Rugina, R. & Toma, C. (1995). Histo-anatomical research on some medicinal plants. V. Labiatae. *Anal. Stiint. Univ. "Al. I. Cuza", Iasi, ser. noua, Ila,*. *Biologie Vegetala* 41: 17-22.
- Salido, S., Altarejos, J., Nogueras, J. & A., S. (2003). Chemical composition and seasonal variations of rosemary oil from southern Spain. *Journal of Essential Oil Research* 15(1): 10-14.
- Santana, O., Cabrera, R., Giménez, C., González-Coloma, A., Sánchez-Vioque, R., de los Mozos-Pascual, M., Rodríguez-Conde, M. F., Laserna-Ruiz, I., Usano-Aleman, J. & Herraiz, D. (2012). Perfil químico y biológico de aceites esenciales de plantas aromáticas de interés agro-industrial en Castilla-La Mancha (España). *Grasas y Aceites* 63(2): 214-222.
- Santoyo, S., Cavero, S., Jaime, L., Ibanez, E., Senorans, F. J. & Reglero, G. (2005). Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *J. Food. Prot.* 68(4): 790-795.
- Serrano, E., Palma, J., Tinocco, T., Venancio, F. & Martins, A. (2002). Evaluation of the Essential Oils of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from Different Zones of "Alentejo" (Portugal). *J. Essent. Oil Res.* 14(2): 87-92.
- Soria, A. C. (2003). Técnicas de fraccionamiento para el análisis por GC-MS de compuestos volátiles en miel. In *Departamento de Análisis Instrumental y Química Ambiental* Madrid: Instituto de Química Orgánica General (C.S.I.C.).

- Soriano Cano, M. C. S. S., J.A.; Sánchez Gómez, P. & García Vallejo, M.C. (1993). Essential Oils of the *Rosmarinus eriocalyx-tomentosus* Complex in Southeast Spain. *JEOR* 5(3): 243-246.
- Sotomayor Sánchez, J. A., Martínez, C., Moñino, M. I., Lax, V., Quílez, M. & Jordán, M. J. (2009). Effect of altitude on *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in Murcia (Spain). In *Acta Horticulturae*, Vol. 826, 309-316.
- Szumny, A., Figiel, A., Gutierrez-Ortiz, A. & Carbonell-Barrachina, A. A. (2010). Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering* 97(2): 253-260.
- Tucker, A. O. & Maciarello, M. J. (1986). The essential oils of some rosemary cultivars. *Flavour and Fragrance Journal* 1: 137-142.
- Tuttolomondo, T. (2015). Study of quantitative and qualitative variations in essential oils of Sicilian *Rosmarinus officinalis* L. . *Natural Product Research* 29(20): 1928-1934.
- Tzin, V. & Galili, G. (2010). New Insights into the Shikimate and Aromatic Amino Acids Biosynthesis Pathways in Plants. *Molecular Plant* 3 (6): 956-972.
- Vardulaki, A. (1997). *Real Farmacopea Española*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Viuda-Martos, M., Abd El-Nasser, G. S., Sendra, E., Fernández-López, J., Abd El Razik, K. A., Omer, E. A. & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Chemical composition and antioxidant and anti-listeria activities of essential oils obtained from some egyptian plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 9063-9070.
- Zaouali, Y., Bouzaine, T. & Boussaid, M. (2010). Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. *Food and Chemical Toxicology* 48: 3144-3152.
- Zermane, A., Meniai, A. & Barth, D. (2010). Supercritical CO₂ Extraction of Essential Oil from Algerian Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Chemical Engineering Technology* 33(3): 489-498.

