



Departamento de Biología y Producción de los Vegetales

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS
RECURSOS FITOGENÉTICOS DE EXTREMADURA: EL
CASO DE LOS TOMILLOS**

José Blanco Salas

Badajoz
2005

***Edita: Universidad de Extremadura
Servicio de Publicaciones***

Caldereros 2. Planta 3^a
Cáceres 10071
Correo e.: publicac@unex.es
<http://www.unex.es/publicaciones>

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE LOS VEGETALES

UNIDAD DE BOTÁNICA

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS
RECURSOS FITOGENÉTICOS DE EXTREMADURA: EL
CASO DE LOS TOMILLOS**

Memoria del trabajo realizado en el Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Finca “La Orden”, de la Junta de Extremadura del Ldo. **D. JOSÉ BLANCO SALAS** para optar al título de Doctor por la Universidad de Extremadura.

TRINIDAD RUIZ TÉLLEZ, Profesora Titular de Biología Vegetal (Botánica) del Departamento de Biología y Producción de los Vegetales de la Universidad de Extremadura y

FRANCISCO MARÍA VÁZQUEZ PARDO, Jefe de Sección de Producción Forestal del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Finca La Orden), de la Junta de Extremadura.

CERTIFICAN: que la presente Memoria titulada **CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS DE EXTREMADURA: EL CASO DE LOS TOMILLOS**, que presenta el Ldo. D. José Blanco Salas para optar al grado de Doctor, ha sido realizada bajo sus direcciones, y que constituye sin lugar a dudas un trabajo de Tesis, por lo que autorizan su presentación a la Comisión de Doctorado de la Universidad.

Y para que así conste, expedimos el presente certificado en Badajoz a siete de Julio de dos mil cinco.

Fdo Trinidad Ruiz Téllez

Fdo Francisco María Vázquez Pardo

Agradecimientos

El camino que me ha llevado hasta hoy lo he recorrido gracias a las personas que me he encontrado en él. Los primeros que me han enseñado el camino a seguir fueron mis padres, Laura y José, y que continúan dándome, además de su cariño, el mejor de los ejemplos. Mis hermanas, María José, Esperanza y Lauri, cuñados y sobrinos, han hecho que mi caminar sea más fácil, agradable y feliz.

Sin embargo, no habría llegado hasta aquí sin Vanessa, que cambió el rumbo en mi vida y que me hizo disfrutar más y mejor de cada segundo.

Quiero destacar el momento en el que la Dra. Trinidad Ruiz Téllez me dio mi primera oportunidad y a Dr. Francisco María Vázquez Pardo por creer en mí ciegamente para la realización de este proyecto. A los dos, gracias por haberme transmitido sus conocimientos y rigor científico.

Quiero expresar mis agradecimientos a mis primeros compañeros, Juan, José, Esperanza y Quique, que me integraron en el equipo y ayudaron en el principio de mi tesis.

Un especial agradecimiento le debo a Sole por haber aportado a este trabajo sus sabios conocimientos, y a José Juan, David, Ana Belén y Silvia por sus generosas colaboraciones y todas las horas de campo y de trabajo en el laboratorio que hemos compartido. Otros compañeros, entre los que se encuentran Raúl y Serafín estuvieron presentes en algunos de esos momentos.

A Pedro por las largas charlas de botánica, las idas al campo y por su amistad, y a Gregori por su aportación desinteresada, muchas gracias.

Debo recordar en este momento, a mis profesores Manolo y Ángel, no sólo por haberme transmitido sus conocimientos si no también por los buenos momentos que pasamos juntos. Sin ellos, no hubiera llegado hasta aquí.

A mis amigos, Rubén, Gonzalo y Nacho, por estar presentes en todos los momentos de mi vida.

La ayuda prestada por María Ángeles Cases y Cristina Gervasini fue imprescindible para la realización del análisis químico de esta Memoria Doctoral.

Por último dar las gracias al INIA por su financiación y a la Junta de Extremadura, en especial a todo el personal de la Finca la Orden y al INTAEX por su colaboración.

A todos los que he nombrado y a aquellos que no lo he hecho pero que en algún momento habéis estado para ayudarme GRACIAS.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	3
1.2. BIBLIOGRAFÍA.....	6
2. SISTEMÁTICA	7
2.1. INTRODUCCIÓN.....	9
2.2. METODOLOGÍA.....	11
2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	12
2.3.1. Caracteres vegetativos.....	12
2.3.2. Ecología y hábito.....	15
2.3.3. Plagas y parásitos.....	17
2.3.4. Etnobotánica.....	18
2.3.5. Distribución mundial.....	18
2.4. TAXONOMÍA DE LOS GÉNEROS THYMUS L. Y THYMBRA L. EN EXTREMADURA.....	20
2.4.1. Thymbra L.....	21
2.4.1.1. <i>Thymbra capitata</i> (L.) Cav.....	23
2.4.2. Thymus L.....	29
2.4.2.1. <i>Thymus mastichina</i> (L.) L.....	31
2.4.2.2. <i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i> (Boiss.) Coutinho.....	42
2.4.2.3. <i>Thymus zygis</i> Loefl. ex. L.....	47
2.4.2.4. <i>Thymus caespititicus</i> Brot.....	55
2.4.2.5. <i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyalarensis</i> (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata.....	60
2.4.2.6. <i>Thymus pulegioides</i> L.....	66
2.5. ESPECIES CULTIVADAS.....	72
2.5.1. <i>Thymus vulgaris</i> L.....	72
2.6. CONCLUSIÓN.....	74

2.7. BIBLIOGRAFÍA	78
3. CAPACIDAD GERMINATIVA	87
3.1. INTRODUCCIÓN	89
3.2. MATERIAL Y MÉTODO	92
3.3. RESULTADOS	96
3.4. DISCUSIÓN	136
3.5. CONCLUSIÓN	144
3.6. BIBLIOGRAFÍA	145
4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	149
4.1. INTRODUCCIÓN	151
4.2. MATERIAL Y MÉTODO	172
4.2.1. Recolección del material	172
4.2.2. Extracción de aceites esenciales	178
4.2.3. Valoración del rendimiento	181
4.2.4. Cromatografía del destilado	181
4.2.5. Análisis estadísticos	183
4.3. RESULTADOS	185
4.3.1. Descripción de la producción de aceites esenciales	185
4.3.2. Análisis estadístico de rendimientos	234
4.3.3. Análisis estadístico de la composición química	240
4.4. DISCUSIÓN	253
4.4.1. Composición química de los aceites esenciales en las diferentes especies	253
4.4.2. Rendimientos del aceite esencial de tomillos	285
4.5. CONCLUSIÓN	289
4.6. BIBLIOGRAFÍA	294
5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	337
5.1. INTRODUCCIÓN	339
5.2. MATERIAL Y MÉTODO	347

5.3. RESULTADOS.....	356
5.3.1. Descripción de la Actividad Antioxidante Lipófila de los aceites esenciales.....	356
5.3.2. Análisis estadístico de la Actividad Antioxidante Lipófila de los aceites esenciales.....	361
5.3.3. Análisis estadístico de la composición química de los aceites esenciales..	367
5.4.DISCUSIÓN.....	371
5.4.1. Cuantificación global de la capacidad antioxidante de las especies estudiadas.....	371
5.4.2. Variación de la capacidad antioxidante de las especies respecto a diferentes variables.....	374
5.4.3. Posibles relaciones entre la composición química de los aceites y la actividad antioxidante.....	376
5.4.4. Posible idoneidad del método para el análisis de la actividad antioxidante en los aceites esenciales.....	381
5.5. CONCLUSIÓN.....	383
5.6. BIBLIOGRAFÍA.....	384
6. DISCUSIÓN GENERAL.....	397
6.1. DISCUSIÓN GENERAL.....	399
6.2. BIBLIOGRAFÍA.....	411
7. CONCLUSIONES GENERALES.....	413
7.1 CONCLUSIONES GENERALES.....	415
8. ANEXOS.....	CD
8.1. ANEXO CAPÍTULO 3	
8.2. ANEXO I CAPÍTULO 4	
8.3. ANEXO II CAPÍTULO 4	
8.4. ANEXO CAPÍTULO 5	

CAPÍTULO 1.
INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Las plantas medicinales y aromáticas, tradicionalmente utilizadas con diversos fines, son parte de nuestro patrimonio genético y su diversidad susceptible de ser conservada y utilizada en programas de mejora con fines alimentarios o industriales.

Las actuaciones nacionales encaminadas a la conservación y utilización de esta importante parte de la flora autóctona mediterránea son escasas, e igual ocurre en el resto de países del área, como queda de manifiesto por la insuficiente información existente en la literatura. Por ello, en 1982 se crea el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias), cuya finalidad principal es el Desarrollo y Gestión del Banco Base de Semillas de la Red Nacional de Recursos Fitogenéticos, así como la coordinación nacional e internacional del intercambio de material genético vegetal para la conservación. En la actualidad, cuenta con una base de datos de pasaportes de más de 47.600 registros correspondientes a los materiales conservados en los distintos Bancos españoles, entre ellos el del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura (Vázquez & Peral, 1999). Este último, se ha venido integrando desde el año 1994 en diferentes proyectos (RF94-003, RF95-026, RF98-019), encaminados a la conservación de semillas, que es la tecnología de conservación ex situ más práctica y económica.

La presente Memoria de Tesis, que ha sido realizada en el contexto de uno de esos proyectos (RF00-019-C6-6), tiene como objetivo fundamental estudiar a fondo una serie de plantas silvestres extremeñas del grupo de los tomillos, que por sus propiedades farmacológicas y organolépticas tienen demanda, real o potencial, por parte de la industria farmacéutica, alimentaria o cosmética.

Es indudable el interés de que dichas especies se incorporen a los Bancos de Germoplasma de la Red de Recursos Fitogenéticos del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), así como llevar a cabo su conservación ex situ.

Para poder efectuar dicha incorporación, es imprescindible el estudio previo del comportamiento germinativo de las especies de distintas procedencias geográficas. También la caracterización química de las mismas, de modo que se refleje no sólo la diversidad genética de las poblaciones, sino muy especialmente la riqueza en principios activos a fin de ser utilizadas en programas de mejora.

Si a todo lo anterior unimos el creciente interés de los productos de actividad antioxidante, por su potencial utilización en el terreno de los aditivos alimentarios, los excipientes cosméticos e incluso los medicamentos, parece evidente que el estudio de las especies elegidas puede contribuir a abrir nuevas perspectivas de utilización para algunas plantas de nuestra flora silvestre, ya que manejamos la hipótesis de que los aceites esenciales, por su composición química rica en compuestos dotados de resonancia (dobles enlaces, etc.), puede tener asociada a su estructura este tipo de actividad.

De los 47.600 registros de la base de datos nacional, aproximadamente un 7 % corresponden a material de procedencia extremeña, y un 67 % son labiadas. A los tomillos pertenecen el 20% de las muestras, lo cual supone un porcentaje muy bajo respecto al total.

En relación a las especies de nuestro estudio, a pesar de disponerse de trabajos de gran valor (Morales, 1986), no se dispone de un conocimiento exhaustivo del material presente en la Comunidad Autónoma Extremeña.

Cabe señalar que existe un grado de conocimiento muy incompleto acerca del comportamiento de las semillas de tomillos durante el periodo de germinación, siendo incluso inexistentes recomendaciones internacionales para los ensayos de laboratorio en algunos casos.

Respecto a la composición química de los aceites esenciales de los tomillos en general, puede decirse que en los últimos 30 años se han realizado bastantes estudios, pero en la mayoría de las ocasiones éstos se han centrado en las variedades cultivadas

de *Thymus vulgaris*, estando bastante peor conocida la fitoquímica de las especies con áreas de distribución reducidas o endémicas.

Por último indicar que también se conocen algunas publicaciones que informan sobre la medida de la capacidad antioxidante de diferentes muestras vegetales, como frutas u hojas (Cao et al, 1993; Miller et al 1993; 1996; Cano et al, 1998; 2000; Arnao 2000). Estos materiales son ricos en compuestos químicos del tipo de los flavonoides, terpenos, aldehidos, cetonas y ácidos orgánicos, todos ellos con una estructura química donde se da frecuentemente el fenómeno de la resonancia.

Por todo lo dicho anteriormente se han seleccionados como objetivos concretos de esta tesis doctoral los siguientes puntos:

- Conocer la diversidad de los tomillos extremeños.

- Estudiar la germinación de tomillos extremeños.

- Conocer el contenido en aceites esenciales y la variabilidad de su composición en función del hábitat natural de diversos tomillos extremeños.

- Valorar la capacidad de los compuestos anteriores como productos antioxidantes.

1.2. BIBLIOGRAFÍA

- Arnao, M.B., A. Cano, J.F. Alcolea & M. Acosta (2001). Estimation of Free Radical-quinchig Activity of Leaf Pigment Extracts. *Phytochemical Analysis*. 12, 138-143.
- Cano, A., J. Henández-Ruíz, F. García-Cánovas, M. Acosta & M. B. Arnao (1998). An End- point Method for Estimation fo the Total Antioxidant Activity in Plant Material. *Phytochemical Analysis*. Vol. 9, 196-202.
- Cano, A., M. Acosta & M.B. Arnao (2000). A Method to Measure Antioxidant Activity in Organic Media: Application to Lipophilic Vitamins. *Redox Peport*. Vol 5.No. 6.
- Cao, G., H.M. Alonso & R.G. Cutler (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.* 14, 303-311.
- Miller , N.J., & C.A. Rice-Evans (1996). Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Rep.* 2, 161-171.
- Miller , N.J., C.A. Rice-Evans, M.J. Davies, V. Gopinathan & A. Milner (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84, 407-412.
- Morales, R. (1986). Taxonomía de los Géneros *Thymus* (Excluida la Sección *Serpyllum*) y *Thymbra* en la Península Ibérica. *Ruizia*. Madrid. Tom. 3
- Vázquez, F. M. & D. Peral (1999). Documentos y plantas de la medicina popular extremeña desde 1867 hasta 1998. *Resvist. Est. Extremeños*. Vol. 55, 59-92.

CAPÍTULO 2.
SISTEMÁTICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Los tomillos son un grupo de plantas muy interesante desde el punto de vista taxonómico. Este interés se debe a que pertenecen a una familia (Lamiaceae) que es bastante joven y cuya diversificación se debe a cambios evolutivos cercanos. Además la Península Ibérica es considerada centro de diversificación del género *Thymus* y en este territorio podemos encontrar un número, sólo superado por Turquía, de especies.

Al ser este grupo de plantas bastante joven es también un grupo muy evolucionado como puede observarse entre otros aspectos en sus estructura reproductoras, destacando la corola bilabiada especializada en la polinización por insectos.

Otra característica muy interesante de los tomillos es la capacidad de hibridación entre un gran número de especies, debido a su tardía diversificación como dijimos anteriormente y que ocasiona, no en pocas ocasiones, problemas taxonómicos.

Aunque la Península Ibérica es una de las regiones más ricas en especies del género *Thymus*, un porcentaje muy elevado de ellas se sitúan en la mitad Este peninsular, debido al carácter calcícola de un gran número de taxones. Así en la Comunidad Autónoma de Extremadura no existe un gran número de especies de este género.

Algunas de las especies de tomillos tienen una distribución amplia en nuestro territorio, como es el caso de *Thymus mastichina*, mientras que otras son realmente escasas como son los casos de *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* (incluida en la lista de especies protegidas de Extremadura), *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, *Th. caespititius*, *Th. pulegioides* y *Thymbra capitata*.

Otros taxones presentan problemas taxonómicos como es el caso de la especie *Th. zygis* de la cual se tiene constancia de la existencia de tres subespecies aunque no se

2. SISTEMÁTICA

tiene una idea clara de cuales viven en Extremadura. Los híbridos presentes en nuestro territorio también han ocasionado problemas taxonómicos.

Los objetivos de este trabajo son:

- Identificar los taxones de los géneros *Thymbra* y *Thymus* presentes en Extremadura.

- Construir una ficha para cada taxon de los géneros *Thymbra* y *Thymus* lo más completa posible con el material recolectado en Extremadura para ajustar la variabilidad de las poblaciones presentes en este territorio.

- Delimitar la distribución de los taxones de los géneros *Thymbra* y *Thymus* en Extremadura.

2.2. METODOLOGÍA

Durante el periodo 2002-2005 se herborizó el mayor número posible de poblaciones de tomillos de la Comunidad Autónoma de Extremadura, para poder obtener información y material de estudio suficiente que permita abordar el estudio de estos taxones con la mayor fiabilidad posible. El material recolectado se depositó con posterioridad en el herbario del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Extremadura (HSS).

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los trabajos taxonómicos de este grupo de plantas, que permitió realizar para cada taxon una ficha lo más completa posible.

En la siguiente fase se revisaron los pliegos de herbario de las especies a estudio recolectados en territorio extremeño e incluidos en los herbarios HSS, Universidad de Extremadura (UNEX), Jardín Botánico de Madrid (MA), Universidad de Salamanca (SALA) y Facultad de Farmacia de Madrid (MAF), para ajustar la variabilidad de las poblaciones extremeñas en las descripciones de las fichas de cada especie.

Por último, para cada taxon se recopilieron todas las citas bibliográficas y de herbario encontradas, además del material recolectado durante este periodo de estudio en los viajes de prospección, para presentar en un mapa su distribución en Extremadura.

2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.3.1. Caracteres vegetativos

En lo relativo **al porte** suelen ser especies rastreras o estoloníferas que generalmente echan raíces en los nudos, agarrándose de esta manera a la tierra por varios puntos del tallo.

El **tallo** es más o menos leñoso y varía desde erecto hasta postrado y radicante. Pueden tener porte cespitoso, o en forma de pequeñas matas que no levantan mucho del suelo (30-40 cm), aunque en casos excepcionales se han observado matas de 80 cm (*Th. mastichina*). Las especies con tallos radicantes pueden llegar a formar céspedes que cubren grandes extensiones sobre zonas secas o sobre piedras. Algunos tomillos forman pulvínulos o bolas como *Th. zygis*. Los tomillos atendiendo a su forma biológica son caméfitos rastreros o pulviniformes, aunque tomillos con gran porte (*Th. mastichina*), pudieran considerarse nanofanerófitos.

Los tallos jóvenes con sección cuadrada o redondeada. Tallos floridos mueren tras la floración y se renuevan anualmente a partir de yemas axilares situadas en las ramas inferiores. En las especies de hábito cespitoso suelen sobresalir de forma manifiesta.

Las **hojas** son simples y enteras. Es frecuente en especies de tomillos ibéricos los bordes revueltos hacia el envés (*Th. zygis*), dando hojas lineares si éstas eran estrechas. De esta manera la superficie expuesta a la pérdida de agua y a la gran insolación es menor. *Thymbra capitata* dobla las hojas hacia arriba, presentando forma navicular o sección en uve.

El **indumento** de las hojas es muy variable. Algunos tienen hojas lampiñas como *Th. caespitius* o *Thymbra capitata* (sin contar los cilios marginales). Otras veces poseen las hojas pelos simples, blancos y transparentes, dispuestos a veces muy densamente a modo de tomento dando un aspecto blanquecino a dichas hojas, y evitando así una insolación excesiva. Es el caso, entre otros, de *Th. mastichina*. Suele

ser frecuente en este género la presencia de cilios, que se sitúan en el borde de las hojas, generalmente sólo en la base de éstas. Entre las especies que no tienen cilios está *Th. mastichina*.

En la superficie de las hojas se sitúan las glándulas esenciales esferoidales. Dichas glándulas se mantienen llenas mucho tiempo en los pliegos de herbario bien conservados, ya que se han observado plantas secas de 200 años con glándulas esenciales intactas, y que han dado un buen aroma cuando se han roto las hojas.

Las hojas se disponen opuestas y decusadas en el tallo. El crecimiento vegetativo ocurre en otoño en las especies de floración primaveral, y en primavera en las de floración estival y otoñal. En *Th. mastichina* se ha observado dimorfismo foliar, formándose hojas pequeñas de color blanquecino debido a su indumento, que perduran durante el invierno y, en primavera, con el desarrollo de nuevos brotes, crecen hojas mayores de color verde y casi glabras. Éstas últimas desaparecen en invierno, manteniéndose las otras como invernantes. Este fenómeno ha dado lugar a descripciones de táxones nuevos en plantas que sólo presentaban las hojas invernantes (caso de *Th. tomentosus* Willd.).

Las **inflorescencias** del género *Thymus* está formada por cimas opuestas contraídas que originan falsos verticilos (verticilastros). Éstos pueden ser distantes o aproximarse formando inflorescencias espiciformes o capituliformes, respectivamente. Las hojas de cuyas axilas crecen las flores se modifican muchas veces y tienen entonces aspecto diferente del de las hojas vegetativas. Éstas son las llamadas brácteas u hojas florales.

El **cáliz** es la estructura que más caracteriza al género *Thymus*. La forma es bastante constante aunque los táxones sean de diferentes secciones. Es bilabiado, raramente con dientes subiguales (*Th. mastichina*). Poseen un tubo con diez nervios o costillas, que acaban en cinco dientes. El labio superior consta generalmente de tres dientes cortos, triangulares, que suelen ser ciliados en los bordes. *Th. caespititius* es un caso extremo de diferencia de tamaño, ya que los dientes laterales tienden a desaparecer

en algunas poblaciones. El labio inferior tiene dos dientes largos iguales, linear-alesnados, pectinado-ciliados y arqueado-ascendente. En la garganta se puede observar siempre el carpostegio o corona de pelos blancos que cierran el cáliz totalmente cuando éste está maduro y seco, evitando así que se salgan los frutos.

La **corola** consta de un tubo y en su extremo se sitúan dos labios. El labio superior consta de dos lóbulos poco diferenciados, separados por una hendidura más o menos profunda, que a veces es inapreciable. El labio inferior tiene tres lóbulos generalmente iguales, siendo a veces mayor el lóbulo central. Su superficie presenta pelos dispersos y glándulas esferoidales. El color puede ser blanco, blanco –amarillento, crema, rosa más o menos intenso o púrpura.

El **androceo** posee cuatro estambres. Los filamentos se insertan en la corola. Las anteras están formadas por dos tecas unidas por el conectivo. Cuando maduran son exertas, no sobresaliendo mucho del tubo de la corola. La apertura se realiza por una hendidura que se produce en el lado contrario al conectivo. Es relativamente frecuente encontrar flores sin androceo o femeninas.

El **gineceo** está formado por un ovario súpero tetralocular y tetraovulado, un estilo ginobásico y un estigma bífido siempre exerto.

La **polinización** es entomófila, con escasa producción de polen. La atracción de los polinizadores se da por el olor y los colores. También tienen una producción escasa de néctar. Los polinizadores principales son los himenópteros voladores, pero también se han observado hormigas, dípteros (moscas del género *Lucilia*) y ácaros (arácnidos). Los polinizadores más frecuentes son abejas.

La **fenología** varía considerablemente entre las especies eminentemente adaptadas al clima mediterráneo, con una fenología primaveral, como *Th. zygis* donde puede comenzar su floración en abril, y las especies del sección *Serpyllum*, caso de *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, donde la floración puede alargarse hasta septiembre, como es propio de las plantas de montaña o de óptimo corológico eurosiberiano.

Tras la fecundación la corola se seca y el cáliz se endurece, permaneciendo cerrado por su garganta gracias al carpostegio. Generalmente se encuentran una o dos clusas o núculas bien granadas o fértiles por cáliz, siendo muy raros tres y en casos muy aislados cuatro. **Las núculas** permanecen dentro del cáliz seco hasta que se desprende de la planta o se rompe por acción del viento o al ser golpeado por el agua de lluvia. Entonces caen al suelo después de haber podido ser transportado a mayor o menor distancia por el viento. Por lo tanto el cáliz puede tener una función diseminadora cuando está seco. Un caso particular podría ser el de *Th. mastichina* que sus largos dientes con cilios parecen realizar la misma función que el vilano en otras plantas, ya que estos cálices con núculas vuelan fácilmente.

Cuando el cáliz se moja o deteriora, deja entrar agua y comienza el proceso de germinación.

Tras la germinación, las plántulas producen rápidamente los cotiledones, que son redondeados con la base del limbo truncada y de superficie un poco curvada hacia el envés. En *Thymbra capitata* los cotiledones son prácticamente semiorbiculares. El crecimiento es lento en un principio y tras la formación de la radícula se empieza a formar un tallito con las primeras hojas, dos opuestas en cada nudo y decusadas. Cuando los individuos empiezan a vivir de los nutrientes aportados por el sustrato, el crecimiento es más rápido de lo que se pudiera esperar.

2.3.2. Ecología y hábito

Desde el punto de vista ecológico el género *Thymus* se puede dividir en dos grandes grupos.

Un grupo lo constituyen especies leñosas y de porte generalmente erguido, con gran producción de esencias, por lo que son plantas generalmente muy aromáticas. El otro grupo consta de individuos de aspecto herbáceo, hojas planas y menor producción de esencias. Este segundo grupo coincide en gran parte con la sección *Serpyllum*. Los

taxones de este grupo viven en zonas bioclimáticamente de carácter eurosiberiano (=templado), aunque siempre se encuentran en lugares edáficamente más secos, como roquedos, bordes de prados, lindes y lugares soleados en general. En la Península Ibérica sólo *Th. pulegioides* vive en hábitats de gran cantidad de agua, lugares de escorrentía o bordes de arroyos. Su producción de esencias es muy pequeña y por lo tanto son plantas poco olorosas. Dentro de este grupo se encuentran representantes árticos, como *Th. praecox*, especie ésta presente en Groenlandia y donde su hábitat es la tundra. Puede aguantar más de medio año cubierta de nieve, estando sometidas en estos casos a periodos largos de inactividad. En zonas más cálidas, como pudiera ser la Península Ibérica, las especies de este grupo se refugian en las montañas, dando lugar a una nueva diversificación.

El resto de las secciones del género comprenden plantas típicamente mediterráneas, adaptadas a periodos de sequía y pluviosidad alternante. El alto contenido en aceites esenciales es una respuesta típica de adaptación de las especies al stress hídrico que sufren este grupo de plantas con motivo de la sequía estival.

Caso particular de taxon incluido en este segundo grupo sería *Th. caespititius*, que es una planta adaptada perfectamente al clima oceánico.

Posee este género especies que viven en una gran diversidad de texturas de suelo. Se encuentran tanto en suelos con carácter ácido o básico, aunque algunas especies son preferentemente silicícolas como *Th. mastichina* o indiferente edáficas, caso de *Th. zygis*.

Son en su mayoría plantas pioneras y heliófilas, que colonizan rápidamente los lugares abiertos y desprovistos de vegetación, como matorrales quemados o rozados, barbechos, cultivos abandonados y terrenos removidos. El carácter pionero se debe en parte al rápido crecimiento de estas plantas, ya que se ha observado en algunas especies un crecimiento hasta casi el tamaño adulto y floración durante su primer año de vida. La acción humana ha inducido en gran manera la gran extensión actual de este género.

Desde la perspectiva dinámica contraria, las comunidades de tomillos (tomillares) constituyen etapas regresivas avanzadas de la degradación de los bosques climáticos.

2.3.3. Plagas y parásitos

Es frecuente encontrar sobre especies de *Thymus* plantas parásitas del género *Cuscuta* L. Nosotros las hemos observado en *Th. mastichina*, *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, *Th. zygis* subsp. *zygis*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Th. pulegioides*.

Es frecuente encontrar líquenes epífitos en partes leñosas de individuos viejos de *Th. mastichina*, *Th. zygis*.

También se han observado malformaciones en diferentes partes de los individuos. En los cálices se dan con frecuencia hinchamientos, producidos por larvas de un díptero de la familia *Cecidomyidae* (Houard, 1909).

Se han observado cecidios en *Th. mastichina*, *Th. villosus* (nosotros en *Th. zygis*) producidas por dípteros (Tavares, 1905), aunque hay citados cecidios producidos por hemípteros áfidos y coleópteros (Tavares, op. cit.).

Son frecuentes también las malformaciones en los tallos que dan lugar al apelonamiento de las hojas. Nosotros lo hemos observado en *Th. zygis* subsp. *sylvestris*. Tavares, (1905), ha observado estas malformaciones en *Th. mastichina* y *Th. zygis* producidas por el ácaro *Eriophites thomasi*.

Sanz (com. pers.) estudio una población en la cual una parte de los individuos estaban enfermos con las hojas apelonadas. Se realizó una recolección de individuos sanos por un lado e individuos enfermos por otro y se realizaron destilaciones. El resultado fue que se dieron diferentes esencias. Posiblemente este hecho se ha producido porque el patógeno causante de la enfermedad sólo ataca a los individuos de la población que no contienen timol, mientras que los que contienen timol y carvacrol en sus esencias no son atacados y permanecen sanos.

2.3.4. Etnobotánica

Los tomillos tradicionalmente han sido valorados por tener **propiedades** antisépticas, antitusígenas, antiespasmódicas y antihelmínticas, debido principalmente a la composición de sus aceites esenciales. También se han usado estas esencias en perfumería como aromatizantes. Por esto tienen un gran valor e importancia industrial. Entran también en la composición de preparados vulnerarios y son utilizadas estas plantas en culinaria y para el adobo de aceitunas.

En cocina popular se usan *Th. mastichina* y *Th. zygis*. Para el adobo de aceitunas en Extremadura es frecuente el uso de *Th. zygis*.

La carne de ganado y de animales silvestres como el conejo y la liebre que comen tomillo adquiere un especial sabor.

Todas estas propiedades son conocidas desde tiempos inmemoriales, sin embargo hasta los inicios del siglo XX se desconocía la composición química de los extractos extraídos de estas plantas. Desde entonces los avances en los conocimientos sobre esta temática han ido incrementándose y en la actualidad se están analizando, en primer lugar “in vitro” y a continuación “in vivo”, las propiedades de los extractos de este grupo de plantas.

2.3.5. Distribución mundial

El género *Thymus* vive en toda Eurasia, Norte de África y Groenlandia. En Asia se encuentra desde la península del Sinaí (*Th. bovei* Bentham, *Th. decussatus* Bentham), bordeando las zonas más áridas de Arabia, Irán y Afganistán, hasta el norte de la India, oeste del Tibet y Oeste del Himalaya. Vive también en China y Japón (*Th. quinquecostatus* Celak.) y llega hasta Verkhoyansk como extremo norte (*Th. glacialis* Klokov). En el norte de Asia y Europa hay especies que viven en zonas de tundra, como *Th. praecox*. Llega hasta el sur de Goenlandia como límite occidental, y también vive en

las Azores (*Th. caespititius*) y en la isla de Lanzarote (*Th. origanoides* Webb & Berth.). En África continental se encuentran en el Norte y dos especies en Abisinia (*Th. schimperii* Ronniger y *Th. serrulatus* Hochst ex Bentham).

Excluyendo la sección *Serpyllum*, que es la que tiene una distribución más amplia, el área de las restantes secciones es circunmediterránea, siendo su punto más occidental las islas Azores y el límite oriental la margen este del mar Negro y, el Sur de Turquía y Siria. Dentro de dicho área circunmediterráneo existen dos núcleos importantes en los que viven un elevado número de de taxones. Un núcleo sería la Península Ibérica y Norte de África (Marruecos y Argelia), en el Mediterráneo occidental, y la península de los Balcanes y Turquía en el oriente. Según Desjatowa-Schostenko, (1936) indica que el Caucaso y las montañas iraníes son un centro secundario de especiación, considerando el centro genético del género en el Oeste del Mediterráneo.

En cuanto al número de taxones decir que en la Región Mediterránea existen 114 especies de *Thymus* (91 sin las de los agregados), de los cuales 37 se localizan en la Península Ibérica (Morales, 2000).

En cuanto a la distribución de este género habría que hablar por un lado de los taxones incluidos en la sección *Serpyllum*. Esta sección tiene en conjunto un marcado carácter eurosiberiano, y sus especies penetran en la región mediterránea únicamente en las montañas y en medios especialmente frescos donde no se presenta una sequía estival demasiado acusada.

Las restantes secciones quedan circunscritas geográficamente a la región mediterránea, siendo además la mayoría de sus especies plantas capaces de soportar un periodo de sequía estival acusado y muchas veces también los fríos invernales que caracterizan el clima mediterráneo continental.

2.4. TAXONOMÍA DE LOS GÉNEROS THYMUS L. Y THYMBRA L. EN EXTREMADURA

En el género *Thymus* s.l. se han incorporado a lo largo de la historia especies que para algunos autores (Willkomm, 1864; Morales, 1986) estaban fuera del concepto del género *Thymus* L.; otros, las han considerado incluidas (Hoffmanns & Link, 1809; Brotero, 1804, Jalas, 1972). El caso más evidente ha sido la especie *Thymbra capitata* (L.) Cav., que se denominó inicialmente *Satureja capitata* L. y desde su origen ha sufrido incorporaciones y descensos de diferentes géneros relacionados con *Thymus* L. En este trabajo se considera a *Thymbra* (L.) Cav, como un género segregado del concepto *Thymus* s.s., en base al número de nervios del cáliz; más de 15 nervios, frente a los representantes del género *Thymus* que no sobrepasan el número de 10 nervios en el cáliz.

Clave para la separación entre los representantes del género *Thymus* y los del género *Thymbra*.

1. Plantas con flores provistas de cálices con menos de 10 nervios
.....**Thymus (4.4.2.)**
1. Plantas con flores provistas de cálices con más de 20 nervios
.....**Thymbra (4.4.1)**

2.4.1 *Thymbra* L., Sp. Pl.: 569 (1753).

Sinónimos:

Coridothymus Reichenb. fil., *Öestr. Bot. Wochenbl.* VI: 160. (1857).

Descripción:

Plantas leñosas, arbustivas o subarbuscivas, provistas de hojas con margen plano o curvado nunca revoluto, ciliadas frecuentemente, con glándulas esenciales esféricas en superficie. Las flores normalmente en espigas, ocasionalmente terminales se agrupan en verticilastros. Las flores frecuentemente son hermafroditas, ocasionalmente femeninas de tamaño menor. El cáliz es bilabiado, formado por tres dientes superiores triangulares agudos y el labio inferior formado por dos dientes también agudos, lineales de mayor tamaño. La corola es bilabiada, tubular-acampanada. Los estambres exertos en la antesis tiene anteras de color púrpura. Los frutos son tetranúculas; cada núcula de forma globosa tiene la superficie lisa.

Observaciones:

El género *Thymbra* cuenta con unas 15 especies repartidas por todo el Mediterráneo y el Extremo Oriente. En la Península Ibérica se incluyó al representante de este género dentro del género *Corydothymus* Reichenb. fil., basándose en el mayor número de nervios que contiene el cáliz, sin embargo, estudios posteriores concluyeron que la diversidad en el número de nervios para los representantes del género *Thymbra*, permiten situaciones como la encontrada en *Thymbra capitata* (L.)Cav., ya que el desdoblamiento del número de nervios en la base del cáliz es un hecho frecuente en todos los representantes del género *Thymbra*, como ocurre con *Thymbra spicata* L.. Otro carácter que permitía la segregación de *Thymbra capitata* de este género era la

2. SISTEMÁTICA

presencia de inflorescencia capituliformes, sin embargo el estudio de todos los representantes del género *Thymbra* evidenció la presencia de otras especies que compartían este carácter, como es el caso de *Thymbra neurophylla* Rechenb. fil., que vive en Irán.

2.4.1.1. *Thymbra capitata* (L.) Cav., Elench.Hort.Matrit.: 37 (1803);Nombres vulgares:

Tomillo, tomillo real, tomillo andaluz, tomillo de Sevilla, tomillo fino, tomillo aceitunero; tomillo carrasqueño (Granada); tomillo tinajero.

Sinónimos:

Satureja capitata L., *Sp. Pl.*: 568 (1753)

Thymus capitatus (L.) Hoffmanns. & Link., *Fl. Port.* 1: 123 (1809)

Coridothymus capitatus (L.) Reichenbach fil., *Icom. Fl. Germ.* 18: 40 (1858)

Thymus creticus Brot., *Fl. Lusit.* 1: 174 (1804)

Descripción:

Subarbusto de hasta 60 cm de longitud, erecto y muy ramificado. Tallos de sección redondeada, los jóvenes cuadrangulares, pelosos, con pelos cortos y firmes. Las hojas de 5-6 x 1,5 mm, planas o ligeramente curvadas en el margen, lineares o abarquilladas, sentadas, glabras y ciliadas en la base, cubiertas con glándulas de color rojizo, ocasionalmente amarillentas; cuando jóvenes provistas de brotes axilares cortos y con hojas fasciculadas. Inflorescencias capituliformes, terminales, de 11-15 x 10-12 mm, densas; provistas de brácteas de 5-7 X 2-3 mm, diferentes de las hojas, ovaladas, agudas, imbricadas y ciliadas en el margen, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de 4-5,5 mm de longitud, sentado, comprimido dorsiventralmente, con bordes aquillados, quillas ciliadas, pelosos, con 20-23 nervios en la base; tubo 2-2,5 mm, cubierto totalmente por glándulas esferoidales rojizas; labio superior algo más largo que el inferior, con dientes 0,5-0,8 mm, ciliados; dientes inferiores 2-2,5 mm, arqueados. La corola es de hasta 8 mm de longitud, con un tubo 4-6 mm, estrecho; labio

inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color púrpura a rosada. Estambres exsertos, con filamentos de hasta 12 mm, y anteras de hasta 2 mm. Núculas de 0,7-0,8 mm, globosas, de color marrón claro. $2n=30$. Florece de junio a septiembre, aunque se han observado ejemplares que han florecido de noviembre a enero.

Distribución:

Especie de distribución circunmediterránea que se encuentra también en las islas mayores del Mediterráneo. En la Península Ibérica aparece en la mitad Sur desde Extremadura (Portugal) hasta Alicante, prefiriendo las zonas costeras a excepción de Andalucía donde penetra hacia el interior. En Extremadura se conocen poblaciones dispersas por el Centro y Sur de la región. Se trata de poblaciones de escasa entidad que cuenta con unos pocos ejemplares; sólo la población de Villafranca de los Barros cuenta con entidad suficiente como para poder mantenerse estable y dispone de una buena regeneración natural y una tasa reproductora aceptable. Las poblaciones dispersas de Aliseda, Puebla de Obando o Berlanga se encuentran en una situación muy frágil y posiblemente alguna de ellas haya desaparecido en la actualidad (ver figura 1).

Las poblaciones extremeñas son las más septentrionales en el interior de la Península Ibérica, sólo superadas por las poblaciones portuguesas semicosteras de los alrededores de Coimbra (Morales, 1986).

Ecología:

En Extremadura se comporta como una especie calcícola, aunque ocasionalmente se ha encontrado en substratos pizarrosos con pH neutro o alcalino como en las inmediaciones de Puebla de Obando en el Norte de Badajoz. Los suelos donde se asientan suelen ser francos, margosos a fuertemente arcillosos, con bajos niveles de

hierro y alto contenido en sales, proporcionando un aspecto visual blanquecino a grisáceo.

No suele ocupar zonas donde hiela y las temperaturas que soportan en muchas ocasiones están por encima de los 45° C, con regímenes de precipitación que oscilan entre los 300 a 600 mm anuales.

Las poblaciones extremeñas están situadas entre los 400 a 600 msm, siendo las más frecuentes las que se encuentran entre los 400 a 500 msm en el Centro y Sur de Badajoz.

Fitosociológicamente es una especie característica de la alianza *Saturejo-Thymbrium capitatae* Ribas Godoy & Rivas Martínez 1969 nom. cons., del orden *Rosmarinetalia officinalis* Br.-Bl. ex Moliner 1934. En su óptimo, los tomillares de esta alianza están constituidos por especies calcícolas como *Helianthemum origanifolium* subsp. *andalusicum* (Font Quer & Rothm.) Rivas Mart., *Sideritis reverchonii* Willk., *Ulex baeticus* subsp. *scaber* (Kunze) Cubas, etc., pero en Extremadura las especies que con más frecuencia le acompañan son *Lavandula stoechas* subsp. *sampaiana* Rozeira, *Thymus mastichina* (L.) L. o *Teucrium capitatum* L., si bien no es raro encontrar compartiendo nicho ecológico con esta planta, algunos elementos de preferencias basófilas o calcícolas como es el caso de *Micromeria graeca* (L.) Bentham ex Reichenb., *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot., *Ajuga iva* (L.) Schreber, *Fumana thymifolia* (L.) Spach ex Webb, *Helianthemum hirtum* (L.) Miller o *Haplophyllum linifolium* (L.) G. Don fil., así como diversas especies del género *Ophrys* L., y pastizales xerofíticos del orden *Brachypdietalia distichyi* Rivas Martínez 1978.

Variabilidad de la especie:

De esta especie no se tiene constancia de ninguna variación a nivel específico en las poblaciones extremeñas. A nivel peninsular se han detectado ejemplares albinos en el Sur de España y en la isla de Ibiza.

Observaciones:

El aceite esencial de esta especie se caracteriza por sus altos niveles de carvacrol, con valores siempre comprendidos entre el 40 y el 80 % (Papageorgiou, 1980 y 1981; Kokkini & Vokou, 1989; Kustrak et al., 1990; Kanas & Loukis, 1992; Tateo et al. 1996; Falchia-Delitala et al., 1983; Ruberto et al., 1992; Biondi et al., 1993; Sendra & Cuñat, 1980). El material analizado en esta Memoria (ver Capítulo 4), suele alcanzar valores superiores al 70 %.

Conservación:

Thymbra capitata está asociada a suelos de pH básicos o neutros, de los que son poco frecuentes en Extremadura y además presenta el límite de distribución septentrional de la especie en el cuadrante SW de la Península Ibérica. Las poblaciones son exiguas en número de ejemplares (Puebla de Obando: 4 individuos; Berlanga: 7 individuos; Villafranca Barros: > 100 individuos) y están sometidas a la presión del pastoreo, la recolección incontrolada con fines condimentarios, siendo sensibles a incendios y roturaciones del terreno. Por estas circunstancias esta planta ha sido propuesta para su inclusión en el Catálogo de especies amenazadas de Extremadura con la categoría de vulnerable (Vázquez, 2005; Blanco et al. 2005).

Etnobotánica:

Especie que tiene un amplio espectro de usos medicinales, condimentarios y alimentarios. Desde antiguo se tiene constancia de recetas y aplicaciones en la medicina popular del Sur de España (Vázquez & al., 1997) en la que se ha utilizado esta planta por sus enormes virtudes como antiséptico, para la limpieza de heridas y en la conservación de numerosos alimentos en la cocina tradicional de índole mediterránea.

En la composición del aceite esencial de esta especie existe gran cantidad de carvacrol que tiene una importante acción bactericida. La acción bactericida de este aceite ha sido aplicada tanto a nivel hospitalario (Benouda et al. 1998; Tateo et al. 1992) como en tecnología de los alimentos (Arras & Grella, 1992; Biondi et al. 1993; Arras & Usai, 2001). Además el aceite esencial le confiere propiedades balsámicas, expectorantes, estimulantes del apetito, eupépticas, espasmolíticas y carminativas (Font Quer, 2001).

A nivel tradicional se ha utilizado escasamente en Extremadura, dada su escasa representación, aunque en otras regiones peninsulares donde es más abundante se utiliza como condimentario en carnes y frecuentemente como aromatizante y conservador en maceraciones y/o aliños como en las aceitunas y algunos pescados.

En medicina natural, el aceite esencial se utiliza como balsámico y tonificante en friegas para tensiones musculares, y como antiséptico en la limpieza de la piel o en heridas superficiales.

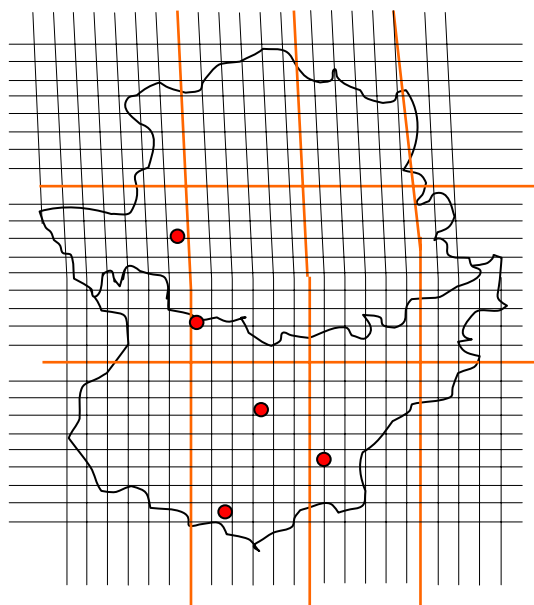
Hemos observado que esta especie posee un olor que recuerda al de la mejorana, un tipo de orégano que se cultiva en muchas zonas del Sur de la Península Ibérica y que en Extremadura aparece ocasionalmente en huertas y actualmente en algunos jardines como consecuencia de la introducción de algunos cultivares de jardinería como *Origanum mejorana* “Aureum”.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymbra capitata* (L.) Cav.

BADAJOS: Berlanga, TH54, taludes, márgenes y senderos, zona caliza, 12/07/1991, P. García, F.M. Vázquez, UNEX 16524; Puebla de Obando, 29SQD03, Arenas de carretera, 22/06/1992, J.A. Devesa, F.M. Vázquez, UNEX 23332; Ribera del Fresno, 15/05/1990, F.M. Vázquez, HSS 3493; Tentudía, Subida al monasterio, 9/08/2000, F.Varela & F.M. Vázquez, HSS 5172/5173; Villafranca, Crta. dirección Palomas, 28/06/2002, J. Blanco & A. B. Lucas, HSS 11562/11558/11559; Villafranca, Crta. dirección Palomas, 6/09/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 10831; Villafranca, Crta. dirección Palomas, 30/06/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10830; Villafranca de los Barros, ornamental en márgenes de Autovía de la Plata, 29SQC37, 9/08/2004, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11847.

CÁCERES: Aliseda, Ctra:CC-BA(CC),06/11/1992, A. Burzaco, M. Pérez, F.M. Vázquez, HSS 4968; Aliseda, 6/11/1997, A. Burzaco, M. Perez, F.M. Vázquez, HSIA 4967.

Figura 1. Distribución para Extremadura de *Thymbra capitata* (L.)Cav. (Localidades dadas con pliegos de herbarios).



2.4.2 THYMUS L. SP. PL.: 590 (1753)Sinónimos:

Cephalotos Adanson, *Fam. Pl.* 2: 189 (1763)

Mastichina Miller, *Gard. Dict.* ed. 4(2) (1754)

Serpyllum Miller, *Gard. Dict.* ed. 4(3) (1754)

Zygis Desv. ex Hamilton, *Prod. Pl. Indiae Occid.*: 46 (1825)

Descripción:

Plantas leñosas, arbustivas o subarbustivas, provistas de hojas con margen revoluto, frecuentemente provistas de pelos, con glándulas esenciales esféricas en superficie. Las flores normalmente terminales se agrupan en verticilastros capituliformes o espiciformes. Las flores hermafroditas o femeninas de tamaño menor, se disponen en verticilastros. El cáliz es bilabiado, formado por tres dientes superiores triangulares o lanceolados agudos y el labio inferior formado por dos dientes también agudos de menor tamaño. La corola suele ser bilabiada, tubular-acampanada. Los estambres exertos en la antesis suelen tener anteras de color amarillo. Los frutos son tetranúculas; cada núcula de forma ovoide a elipsoidal suele tener la superficie lisa.

Notas:

Al igual que ocurre en otros muchos géneros de ámbito mediterráneo, en el género *Thymus* L. encontramos especies autóctonas, distribuidas por toda la geografía extremeña, y especies introducidas con fines de diferente índole: existen especies ornamentales y otras que cumple doble función: ornamental y productora de esencia como *Thymus vulgaris* L. En cualquier caso todas las especies se van a tratar de forma homogénea en el tratamiento descriptivo y de usos si los tuvieran, no en el tratamiento corológico o ecológico, donde habrá un amplio tratamiento en la especies autóctonas y escaso o nulo tratamiento en la alóctonas.

Clave para la diferenciación de la especies del género *Thymus* L. que viven en Extremadura.

1. Plantas con hojas de márgenes fuertemente revolutos2
1. Plantas con hojas planas o de márgenes ligeramente curvado4
2. Hojas glabras, ciliadas en la base3
2. Hojas pelosas no ciliadas*Th. vulgaris* (2.5.1.)
3. Cáliz de menos de 4,5 mm, con dientes superiores no ciliados. Brácteas florales y hojas semejantes*Th. zygis* (2.4.2.3.)
3. Cáliz de más de 5 mm, con dientes superiores ciliados. Brácteas florales y hojas diferentes*Th. villosus* subsp. *lusitanicus* (2.4.2.2.)
4. Márgenes del limbo de la hoja ciliados, planos o ligeramente curvados.....5
4. Márgenes del limbo de la hoja no ciliados, planos*Th. mastichina* (2.4.2.1.)
5. Hojas de ovadas a suborbiculares de más de 1,8 mm de anchura, agrupadas de dos en dos, opuestas. Dientes inferiores del cáliz de lanceolados a lineares6
5. Hojas lineales de menos de 1,7 mm de anchura en grupos subverticilados. Dientes inferiores del cáliz triangulares*Th. caespitius* (2.4.2.4)
6. Tallos homogéneamente pubescentes, de sección circular, sin nervios prominentes en los ángulos. Plantas de menos de 10 cm. Hojas con venas prominentes en el envés*Th. praecox* subsp. *penyalarensis* (2.4.2.5.)
6. Tallos pubescentes en los ángulos o alternativamente en cada internudo en las caras opuestas, con nervios prominentes y de sección cuadrangular a subcuadrangular. Plantas de más de 8 cm. Hojas con venas marcadas en el envés escasamente prominentes*Th. pulegioides* (2.4.2.6)

2.4.2.1. *Thymus mastichina* (L.) L., *Sp. Pl.* ed. 2: 827 (1763)Nombres vulgares:

Tomillo blanco, mejorana, mejorana silvestre, cantueso blanco, mayorana silvestre, mejorana bastarda.

Sinónimos:

Thymus tomentosus Willd., *Enum. Pl. Horti Berol.*: 626 (1809)

Thymus mastichina subsp. *tomentosus* (Willd.). Malagarriga, *Plantae Sennenianae* 5: 5 (1974)

Thymus carpetanus Sennen, *Bol. Soc. Ibérica Ci. Nat.* 32: 77 (1933)

Thymus ciliatus Pau, *Not. Bot. Fl. Esp.* 1: 19 (1887)

Descripción:

Subarbusto de hasta 80 cm de longitud, erecto y ramificado. Tallos de sección cuadrangular, pelosos, con pelos retróscos. Las hojas no invernantes de (5-)6-16(-18)x(1-)1,5-4,1(-4,5) mm, planas, pecioladas, de elípticas a lanceoladas, sin cilios en la base, con glándulas esferoidales de color amarillo; hojas invernantes de (2-)2,5-7(-8)x(0,3-)0,5-2,4(-2,6) mm fasciculadas, más pequeñas, densamente pelosas, con pelos muy cortos y aspecto ceniciento; las de los tallos del año, mayores, glabrescentes, verdes, enteras o a veces de bordes crenados. Inflorescencias en verticilastros densos, de hasta 20 mm de diámetro; los superiores, espiciformes; los inferiores, generalmente globosos, pedunculados o subsésiles; provistas de brácteas de 4-12(-14)x1,9-8,5(-9) mm, generalmente ovadas, diferentes de las hojas, no coloreadas, más o menos pelosas, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de 2,7-7,4(-8) mm de longitud, vilosos, con pelos largos, dientes generalmente ciliados (cilios mayores de 0,5 mm), los

superiores de 2,5-4 mm y los inferiores de 3,5-4,5 mm, cubierto totalmente por glándulas esferoidales amarillas. La corola es de hasta 12 mm de longitud, con un tubo 5-8 mm; labio inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color blanco. Estambres exertos, con filamentos de hasta 17 mm, y anteras de hasta 2 mm de color blanco. Núculas de hasta 1 mm, globosas, de color marrón oscuro. $2n=56, 58, 60$. Florece de mayo a julio. Ocasionalmente se encuentran ejemplares con floración atemporal en abril, agosto y septiembre.

Distribución:

Th. mastichina es un endemismo peninsular que se encuentra ampliamente distribuido por dicho territorio a excepción de Levante y Cataluña. Esta especie está distribuida por gran parte de la Comunidad extremeña. Es más frecuente en la mitad Sur de Extremadura y en el extremo Este y Norte de la Comunidad, existiendo poblaciones de escasa importancia en las vegas del Guadiana, y Llanos de Cáceres. Se dispone de poca información sobre su presencia en el extremo Centro Occidental de Extremadura, posiblemente por haberse estudiado escasamente ese territorio (figura 2).

Ecología:

Es indiferente al suelo, encontrándose en numerosas situaciones de textura y estructura del suelo. Suele preferir los terrenos silíceos, desarrollándose con preferencia en los de textura suelta, más o menos arenosos, aunque se le puede encontrar en pedregales de montaña, en roquedos calizos y más frecuentemente en zonas pizarrosas y de cuarcitas. Suele comportarse como una especie colonizadora de segundo orden, apareciendo en las unidades de los primeros arbustos que se asientan en las zonas roturadas y en los espacios que han sufrido agresiones fuertes como incendios o desbroces. Desde el punto de vista climático soporta temperaturas por encima de los 45 °C y en invierno es capaz de sobrevivir en lugares donde nieva. Los regímenes de

precipitación que soportan van desde cerca de los 300 mm anuales hasta más de 1000 mm anuales en puntos de las zonas montanas del Norte y Sur del territorio extremeño. Las zonas que ocupan en altitud varían enormemente, ya que se puede encontrar por debajo de los 200 msm, hasta más allá de los 1500 msm en las zonas montanas de sierra de Gredos. Es una planta de media sombra en las zonas boscosas y de sol en las zonas abiertas desprovistas de arbolado.

Desde el punto de vista fitosociológico *Th. mastichina* es una especie que Rivas Martínez et al. (2002:477) indican como característica del orden *Helichryso stoechadis-Santolinetalia squarrosae* Peinado & Martínez-Parras 1984, (*Pegano-Salsoletea* Br.-Bl. & O. de Bolós 1958), pero en Extremadura se encuentra habitualmente formando parte de los jarales y matorrales de *Pyro-Querceto rotundifoliae* S., tanto en su faciación típica, como en la faciación básica, y menos frecuentemente en los del *Sanguisorbo-Querceto suberis* S. Por su abundancia en la zona, las comunidades donde es más frecuente encontrar esta especie son las pertenecientes a la asociación *Genisto hirsutae-Cistetum ladaniferi* Rivas Godoy 1956.

Variabilidad de la especie:

Se trata de una especie con una enorme distribución a lo largo de la Península y que en Extremadura se encuentra en toda su geografía. Esta situación y su adaptación a numerosas condiciones ecológicas como se ha expuesto previamente ha permitido una enorme variación morfológica dentro del concepto de especie. Sin embargo, se han producido series clinales de variaciones continua que no han permitido la segregación de categorías a nivel de forma o variedad dentro de la especie. Se pueden encontrar plantas con abundante tomento, pubescentes en todos sus órganos, otras completamente glabras, existen plantas con flores blancas, otras de color crema, incluso algunas ligeramente rosadas; varían las dimensiones y morfología de las inflorescencias, de las hojas, del margen que puede ser entero, crenado, denticulado, con pelos largos o no en las hojas. Todas estas variaciones aparecen de forma esporádica y clinal en muchas

poblaciones y algunas veces obedecen a variaciones en el grado de iluminación, al desarrollo alcanzado por la planta y otras a las características del clima o el suelo.

Observaciones:

Al tratarse de una especie ampliamente distribuida se ha confundido en algunas ocasiones con otra con las que guarda alguna relación. Pero fundamentalmente lo que ha contribuido a la posible confusión de esta especie con otras son los nombres que han recibido algunas variantes locales dentro de su amplia área de distribución en la Península Ibérica como los casos de *Thymus tomentosus* Willd, *Thymus ciliatus* Pau o *Thymus carpetanus* Sennen, todos, sinónimos taxonómicos de la especie.

Además, compartir hábitat con otras especies de su género ha facilitado el proceso de hibridación y en este sentido se conocen en Extremadura algunos híbridos que forma con especies como *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. ex Coutinho, cuyo híbrido recibió el nombre de *Thymus x brachychaetus* (Willk.) Coutinho, *Bol. Soc. Brot.* 23: 79 (1907)(=*Thymus mastichina* var. *brachychaetus* Willk., in Willk. & Lange, *Prodr. Fl. Hisp.*, 2: 400 (1864)) que se caracteriza por la presencia de hojas lineales recurvadas, ciliadas; en la flor disponen de un cáliz con dientes inferiores similares en longitud a los superiores, parcialmente reflejos, de más de 4, 5 mm, ciliados. El nombre para esta especie está limitado por el artículo H.5 del Código Internacional de Nomenclatura, el nombre válido de un híbrido en el que participan subespecies, es el de las subespecies típicas. En este caso sería recomendable incorporar como válido al nombre *Thymus x toletanus* (Pau) como nombre válido, pero existe un nombre previo con esta denominación (*Thymus mastichina* x *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* = *Thymus x toletanus* Ladero). En este caso se incorpora un nombre nuevo para ajustarse al Código y nominan correctamente al híbrido entre *Thymus mastichina* subsp. *mastichina* x *Thymus zygis* subsp. *zygis* = *Thymus x copiosus* nothosp. nov. (Diagnosis: *ab affinibus Thymus mastichina et Thymus zygis calice praeclare distinguitur dentis inferioris longissimus majoris 4 mm., quae in Thymus mastichina foliis revolutis.* Holotipo: MA.)

(sinónimo = *Thymus x brachychaetus* nothosubsp. *toletanus* (Pau) R. Morales in *Anal. Jard. Bot. Madrid* 43 (1): 39 (1986); *Thymus x mixtus* var. *toletanus* Pau in *Bol. Soc. Aragonesa Ci. Nat.* 15: 160 (1916). En esta situación el nombre correcto para nuestro híbrido sería *Thymus x copiosus* nothosubsp. *brachychaetus* (Willk.) F.M. Vázquez, J. Blanco & T. Ruiz comb. nov. (basiónimo= *Thymus mastichina* var. *brachychaetus* Willk., in Willk. & Lange, *Prodr. Fl. Hisp.*, 2: 400 (1968); Lectotipo: MA 106762 HS: Cc: cercanías Puerto de Miravete .Exsc. Pl. d'Espagne E. Bourgeau, 1863).

Otro híbrido frecuente que existe en las poblaciones del Centro Este de la Comunidad extremeña es *Thymus x toletanus* Ladero, *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 27: 97 (1970) (= *Thymus mastichina x Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*). Aparece mezclado entre los parentales y ocasionalmente forma poblaciones homogéneas desplazando a los progenitores. Se caracteriza por la presencia de hojas oblongas a lineales, revolutas, con inflorescencias de espiciformes a capituliformes, provistas de flores con cáliz de dientes inferiores largos, ciliados, reflejos y de más de 4 mm.

Por último el híbrido entre *Thymus caespititius* y *Thymus mastichina* se ha encontrado en la zona de Gata y recibe el nombre de *Thymus x henriquesii* Pau, *Broteria*, ser. Bot., 22: 121 (1926). Es una planta que aparece mezclada entre las poblaciones de *Thymus caespititius* por lo que es fácilmente detectable, y además se caracteriza por tener hojas ovovadas a lanceoladas de más de 2 mm de anchura, pilosas, con inflorescencia espiciforme, cilíndrica, densa y con flores provistas de pedicelos cortos de menos de 2 mm, con corolas rosadas a blanquecinas.

Las localidades donde han sido observados estos híbridos en Extremadura se representan en la figura 3.

La presencia de *Thymus x sennenii* Pau, *Bol. Soc. Aragonesa Ci. Nat.* 6: 29 (1907) (= *Thymus mastichina x Thymus pulegioides*) no ha sido confirmada en ninguna de las localizaciones donde conviven estas dos especies, pero podría aparecer en las zonas del norte de Cáceres, especialmente en la zona de Gata y en el Jerte, donde es

frecuente encontrar en cotas por debajo de los 1200 msn a *Thymus pulegioides* conviviendo con *Thymus mastichina*.

En cuanto a la composición química de los aceites esenciales de esta especie decir que existen descritos tres quimiotipos dentro de las especies. Estos quimiotipos con: 1,8-cineol, linalol y un quimiotipo intermedio de ambos (Morales, 1986; Carvalho, 1994; Faleiro et al. 1999; Miguel et al. 1999 a y b, 2003; Gaviña et al. 1974a; Miguel; García et al. 1984; Tomei et al. 1995)

Como se verá en el capítulo 4 de esta Memoria, el material extremeño entra dentro de la variabilidad del quimiotipo 1,8-cineol, aunque las poblaciones de la alta montaña extremeña resultan un poco desviantes del patrón general.

Conservación:

Esta especie a pesar de encontrarse bien distribuida en Extremadura y las poblaciones suelen tener un número considerable de individuos, están sometidas a la presión del pastoreo, la recolección incontrolada con fines condimentarios, son sensibles a incendios y a las frecuentes roturaciones de los terrenos donde se asientan. En estas condiciones, existe un nivel bajo de peligro en la pérdida de esta especie en el territorio extremeño, sin embargo existe el riesgo de perderla en determinadas zonas o reducir excesivamente sus poblaciones. Todos estos condicionantes no son suficientes para determinar un nivel alto de riesgo en las amenazas de esta especie por su alto poder colonizador y adaptación a condiciones extremas de sequía, iluminación y pobreza de nutrientes en los suelos. El estudio que se realizará a nivel fotoquímico podrá evidenciar la presencia de poblaciones singulares por la composición química de sus aceites esenciales. En esos casos se recomienda la protección de las poblaciones singulares por su potencial valor genético y su probable uso en la industria.

Etnobotánica:

De esta planta se tiene constancia de numerosas aplicaciones en el campo de la medicina y la alimentación humana. Sobre todo es una planta condimentaria que se ha utilizado desde antiguo para aromatizar, conservar y facilitar la digestión de los alimentos en Extremadura (Vázquez & al., 1997). Las aplicaciones culinarias del tomillo más frecuente en la geografía extremeña se concentran en dos aspectos fundamentales: El primero de ellos es el de aromatizar numerosos platos a los que se añade fundamentalmente sumidades floridas y algunas hojas jóvenes durante la maceración, el asado, cocido o durante la fritura. Los platos son variados y van desde las carnes a la pasta o el pescado, sobre todo el pescado azul. El otro aspecto se engloba en el terreno de la conservación. Por lo tanto el tomillo se ha utilizado con doble intención: por un lado conservar y por otro aromatizar y dar sabor a numerosos productos de la alimentación en la dieta mediterránea, como son las aceitunas, los vinagres, los encurtidos el aceite e incluso algunos licores. La elevada concentración de aceites esenciales y el poder de conservación que les confieren han propiciado su uso.

En la actualidad se están testando los aceites de esta especie por sus propiedades terapéuticas, tales como su actividad antimicrobiana (Pina-Vaz et al. 2004) o antioxidante (Miguel et al. 2003).

Actualmente en algunos viveros y ocasionalmente en algunos jardines aparecen composiciones de plantas aromáticas en las que participa *Th. mastichina*, por su facilidad de multiplicación vía vegetativa o por semilla. Es una planta que se está introduciendo en el mercado de la jardinería como planta aromática o de espacios xéricos al igual que otras especies como *Thymus vulgaris* L. Sin embargo, en *Th. mastichina* no se conocen variedades o cultivares de jardines como se expondrá más adelante para *Th. vulgaris*.

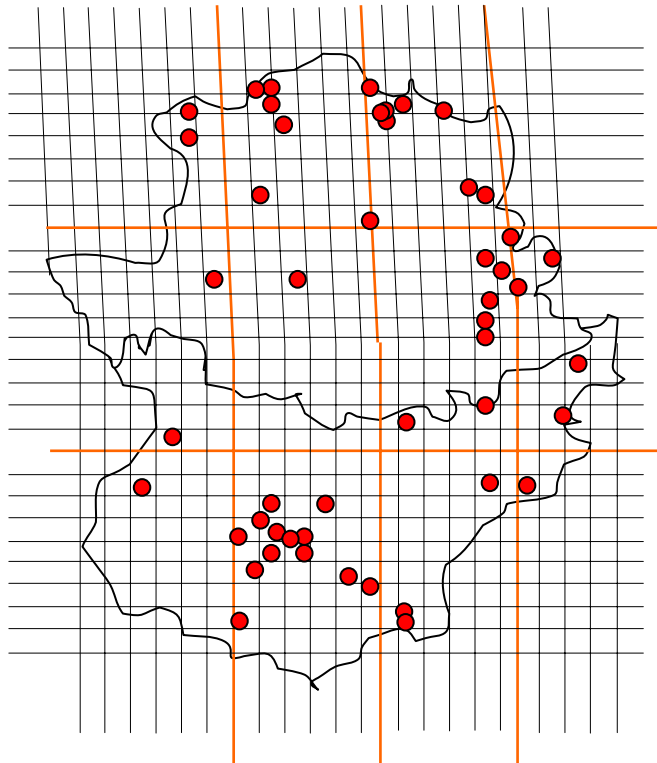
PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus mastichina* (L.) L.

BADAJOS: Alconera, 29SQC15, 2/05/1987, F.M. Vázquez, UNEX 8596; Alconera, 29SQC15, 12/06/1987, F.M. Vázquez, UNEX 8592; Alconera, QC25, 26/03/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8402; Alconera, QC25, 6/09/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 10843; Badajoz, PD70, Guadiana, 16/07/1991, A.E. Lomas, MA 106663; Badajoz, ctra. Campo Maior, 29SPD70, 4/09/2001, J. Blanco & D. Martín, HSS 8188/8189; Badajoz, ctra. Campo Maior, 29SPD70, 3/06/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8856; Badajoz, ctra. Campo Maior, 29SPD70, 26/08/2002, J. Blanco, HSS 9520; Badajoz, ctra. Campo Maior, PD70, 20/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10844; Benquerencia-La Nava, 30STH88, 6/06/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9657; Benquerencia de la Serena, 30STH88, 18/05/2004, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11825; Bienvenida, 29SQC44, 4/06/2003, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 9542; Bienvenida, 29SQC44, 16/08/2004, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11823; Burguillos del Cerro, 550m, 20/04/1973, Segura Zubizarreta, 5596; Burguillos del Cerro, 1/01/1993, V. Moreno, F.M. Vázquez, HSS 1426; Cabeza del Buey, UH08, 24/03/2002, J. Blanco & P. Escobar, HSS 8400; Feria, QC16, 29/04/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16430/16434; Feria, 29SQC16, 16/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 10464; Fregenal de la Sierra, San Cristóbal, QC02, 31/05/1952, Rivas Godoy, MAF 73177; Fregenal de la Sierra, QC02, 29/04/1988, J.P. Carrasco & F.M. Vázquez, UNEX 16417; Fregenal de la Sierra, 28/05/1995, V. Moreno, F. González, F.M. Vázquez, HSS 1422; Fuente del Arco, TH02, 17/05/1987, P. Gómez, UNEX 16415; Fuente del Maestro, 29SQC16, 26/05/1987, F.M. Vázquez, UNEX, 8593; Fuente del Maestro, 29SQC26, 10/03/2003, J. Blanco, A.B. Lucas & F.M. Vázquez, HSS 8821; Fuente del Maestro, 29SQC26, 23/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9776; La Haba, 14/04/2002, J. Blanco & P. Escobar, HSS 9075; Herrera del Duque, Finca de las Navas, 21/06/1970, Ladero, MA / SALA / MAF 202841 / 8776 / 94301; Llerena, QC63, 10/05/1987, J.P. Carrasco, UNEX 16422; Llerena, QC63, 03/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16419; Llerena, QC63, 18/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16425; Navalvillar de Pela, TJ82, 18/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16429; Navalvillar de Pela, TJ82, 12/06/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16423; Nogales, 29SQC07, 02/05/1987, F.M. Vázquez, UNEX 8595; Oliva, 19/05/1979, A. Moreno, M.E. Ron, M.C. Viera, UNEX 3039; La Parra, 29SQC06, 26/05/1987, F.M. Vázquez, UNEX 8252; La Parra, QC15, 29/04/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16424; La Parra, QC15, 21/06/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16432; La Parra, 10/03/1994, F. Rodríguez, F.M. Vázquez, HSS 1424; La Parra, sierra caliza, 28/04/1996, Irena, Clara, F.M. Vázquez, HSS 1351/1353; La Parra, sierra caliza, 10/05/1997, F.M. Vázquez, HSS 1419; La Parra, 29SQC06, 11/05/2004, J. Blanco, D. García, A. Lucas, S. Ramos & F. M. Vázquez; La Parra, Paredones calizos de 500-700msm, 29SQC06, J. Blanco, D. García & F. M. Vázquez, HSS 11824; Salvaleón, 22/06/1988, M. Ladero & Amor, SALA 79730; Santo Domingo, PC68, 3/03/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8401; Santo Domingo, PC68, 23/05/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8878/8879/8880; Los Santos de Maimona, 29SQC25, 12/06/1987, F.M. Vázquez, UNEX 6722; Los Santos de Maimona, 13/05/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 9094; Siruela, 30SUJ21, río Agudo, 29/04/1988, A. Muñoz, R. Tormo, UNEX 16412; Valverde de Llerena, dirección Guadalcanal, 30STH53, 29/07/2004, D. García & S. Ramos, HSS 11827; Villafranca de los Barros . Ctra. a Palomas, 29SQC37, 6/09/2002, J. Blanco, A.B. Lucas & J. Pozo, HSS 10842; Villafranca de los Barros . Ctra. a Palomas, 29SQC37, 23/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco HSS 9771; Zafra, QC25, 18/06/1953, Borja & al., MA / MAF, 158672 / 86495; Zafra, Matanegra, 18/06/1992, F.M. Vázquez, HSS 1425; Zafra, QC25, 20/06/1992, F.M. Vázquez, UNEX 23344.

CÁCERES: Acebo, 29TPE8357, 23/07/1981, A. Valdés, SALA 73476; Alconetar, riberas del Tajo, 18/04/1948, Rivas Godoy, MAF 3319; Alía, ctra. de La Calera, 30SUJ 06, 5/06/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 8918; Ctr. Alía- Puerto de San Vicente (río Guadarranque), UJ16, 5/06/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 8954/8974; Alía, ctra. de La Calera, 30SUJ 06, 2/06/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9544; Aliseda, 29SPD96, 3/09/2002, J. Blanco & J. Pozo, HSS 9734; Aliseda, 29SPD96, 14/04/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8860; Aliseda, 29SPD96, 26/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9524; La Bazogana, 04/06/1983, T. Ruiz, SALA 67729; Cabañas del Castillo, 30STJ88, 09/05/1989, I. Montero, UNEX 10111; Cabañas del Castillo, 30STJ88, 16/06/1989, I. Montero, UNEX 10249; Cáceres, QD27, Rivas Mateos, MAF 33268; Cáceres, El Portanchito, 29SQD27, 27/05/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 9170/9171; Cáceres, El Portanchito, 29SQD27, 3/09/2002, J. Blanco & J. Pozo, HSS 9736; Cáceres, El Portanchito, 29SQD27, 26/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10917/10916; Cañaveral, 29SQE0910, 14/04/1988, M. Ladero, Santos, Amor SALA 77109; Carrascalejo, El Montés, VJ09, 24/06/1973, Ladero, MAF 94269; Descargamaría, ctra. a Fuente La Malena, 5/08/2003,

J.J. Barrantes & J. Blanco; Descargamaría, ctra. a Fuente La Malena, 17/08/2004, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11822; La Garganta, 30STK56, 29/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9596/9612; La Garganta, 30STK56, 18/06/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10845; Gargüera, 30TTK5038, 08/06/1988, A. Amor, SALA 80102; Guadalupe, TJ96, 19/06/1946, C. Vicioso, MA 106590; Guadalupe, El Humilladero, TJ97, 19/06/1948, A. Caballero, MA 150133 y 106591; Guijo de Santa Bárbara, 30STK74, 17/09/2002, J. Blanco, A.B. Lucas & J. Pozo, HSS 9751; Hernán Pérez, 11/06/1978, A. Valdés, SALA 73474; Hervás (Puerto de Honduras, pista Heidi), 30TTK5660, 750m, 27/05/1987, J.A. Sánchez SALA 101001/101002; Hervás (Puerto de Honduras, pista Heidi), 30TTK5457, 1200m, 25/03/1991, J.A. Sánchez, SALA 101003; Hervás (Puerto de Honduras), 30TTK5447, 1200m. Pinar, 21/07/1997, C.J. del Arco, SALA 101005; Hervás, plaza Nápoles, 30TTK5662, 688m, 21/07/1997, J.C. del Arco, SALA 101006; *Ibidem*, 21/05/1949, A. Caballero, MA 106592; Jerte, 18/06/1975, M. Carrasco, B. Casaseca & S. Castroviejo, SALA 27396; Naval moral de la Mata, TK81, 10/05/1863, Bourgeau, MA 106602; Navalvillar de Ibor, 09/1997, F. González, V. Moreno, F. Vázquez, HSS 1349; Peraleda de la Mata, 30STK8914, 08/05/1983, T. Ruiz, SALA 67730; Peraleda de S. Román, 10/06/1992, M. Ladero & J. Iglesias, SALA 85630; Cerro de Muñecos de Portezuelo, QE11, 15/05/1942, Rivas Godoy, MAF 86591; Pozuelo de Zarzón, 30TQE24, 16/06/1988, J.P. Carrasco, R. Tormo, UNEX 16441; Robledillo de Gata, 29TQE0569, 11/06/1978, A. Valdés SALA 73475; Puerto de Tornavacas, 30TTK56, Subida pico Calvitero, 19/07/1988, J.A. Devesa, P. Gómez, UNEX 10421; Torrejón el Rubio, 4/03/1997, Sieffer, A. Suárez, M. Vázquez, HSS 1420; Valle de Navaruela, 23/09/1974, Perez Chiscano, MAF 91827; Valverde del Fresno, 29SPE85, 17/06/1989, I. Montero, UNEX 10261; Valverde del Fresno, PE85, 1/07/1990, I. Moreno, UNEX 16431; Villar del Pedroso, VJ19, riberas del río Pedros, 16/05/1969, Ladero, MAF 84849.

Figura 2. Distribución para Extremadura de *Thymus mastichina* (L.) L. (localidades dadas con pliegos de herbarios).



***Thymus x henriquecii* Pau**

Thymus caespititius Brot. x *Thymus mastichina* (L.) L.

CÁCERES: Descargamaría, hacia Fuente La Malena, 29TQE16, 5/08/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10834/10835.

***Thymus x toletanus* Ladero**

Thymus mastichina (L.) L. x *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* (Boiss.) Coutinho

CÁCERES: Alía, próximo a río Guadarranque, 30SUJ17, 5/06/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 8977/9877/11564/11563; Navalvillar de Ibor, 30STJ97, 23/05/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10433/10434; Puerto de San Vicente, 30SUJ17, 8/08/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10839; Puerto de San Vicente, 30SUJ17, J. Blanco & F. Vázquez, HSS 10840.

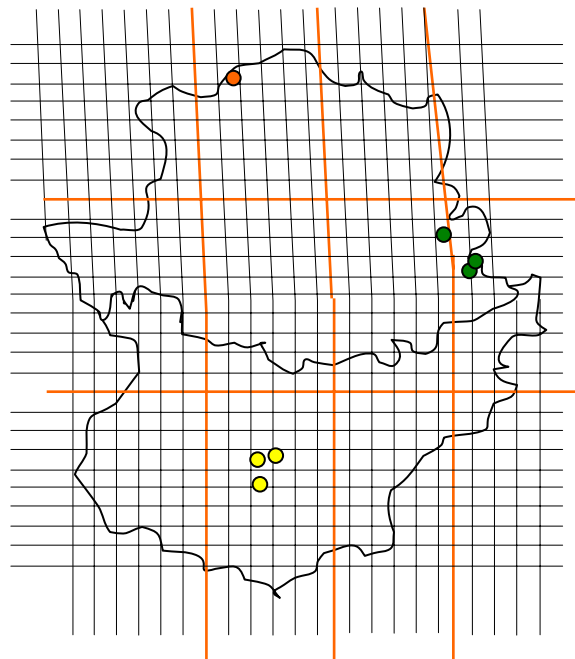
***Thymus x copiosus* nothosubsp. *brachychaetus* (Willk.) F.M. Vázquez, J. Blanco & T. Ruiz**

Thymus mastichina (L.) L. x *Thymus. zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link)
Brot. ex Coutinho

BADAJOS: Fuente del Maestre, 29SQC26, 23/05/2003, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9777; Los Santos de Maimona, QC25,13/05/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 9096/10826/10827/10828; Villafranca de los Barros, 29SQC37, 23/05/2003, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9772/9773/9774/10829; Villafranca los Barros, 29SQC37, 17/05/2004, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11832.

Figura 3. Distribución para Extremadura (Localidades dadas con pliegos de herbarios) de:

- *Thymus x henriquecii* Pau
- *Thymus x toletanus* Ladero
- *Thymus x copiosus* nothosubsp. *brachychaetus* (Willk.) comb. nov.



2.4.2.2. *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* (Boiss.) Coutinho; *Bol. Soc. Brot.* 23: 87 (1907)

Nombre vulgar:

Tomillo.

Sinónimos:

Thymus lusitanicus Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 489 (1841)

Thymus bolivari Pau, *Men. Real Soc. Esp. Hist. Nat.* 15(1): 71 (1929)

Thymus villosus var. *bolivari* (Pau) C. Vicioso, *Anales Inst. Nac. Invest. Agrar., ser. Recursos Nat.* 1:21 (1974)

Descripción:

Subarbusto de hasta 30 cm de altura, con frecuencia procumbente y ramificado. Tallos de sección circular, pelosos, con pelos retróscos. Las hojas de (5,5-)6-12(-13)x0,5-1(-1,5) mm, revolutas, glabras y largamente ciliadas, de lineales a lanceoladas, con cilios en la base, con glándulas esferoidales de color amarillo; sentadas a ligeramente pecioladas, con un pecíolo de hasta 1,5 mm. Inflorescencias en verticilastros densos, de hasta 20 mm de diámetro, terminales y capituliformes; provistas de brácteas de (7-)7,5-12(-12,5)x(3-)3,5-8(-8,5) mm, generalmente de elípticas a ovadas, habitualmente acuminadas, con el margen ligeramente crenulado, ciliadas con el envés pubescente diferentes de las hojas, no coloreadas, más o menos pelosas, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de 5-6,5(-7) mm de longitud, con el tubo peloso, más corto que los labio, labio superior de hasta 4 mm con dientes de hasta 1,5 mm, dientes generalmente ciliados (cilios mayores de 4 mm), cubierto totalmente por glándulas esferoidales amarillas. Pedicelo floral de hasta 2 mm, viloso y provisto de pelos glandulares. La corola es de hasta 6,5 mm de longitud, con un tubo 3,5-4,5 mm; labio

inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color crema. Estambres exertos, con filamentos de hasta 8 mm, y anteras de hasta 2 mm de color amarillo. Núculas de hasta 1 mm, globosas, de color marrón claro. $2n=54$. Florece de mayo a agosto. Ocasionalmente se encuentran ejemplares con floración atemporal en septiembre y comienzos en abril.

Distribución:

La especie *Th. villosus* s.l. es un endemismo ibérico, y la distribución de la subespecie presente en Extremadura, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, se restringe a Extremadura y Beira Litoral en Portugal, y a zonas puntuales de Toledo (sierra del Rebollerejo), Ciudad Real (sierra del Río Frío) y Extremadura. En esta última se encuentra acantonada en la serranía de Villuercas en la provincia de Cáceres, fundamentalmente en la zona de los Ibores (ver figura 4). En el resto de la geografía extremeña no se tiene testimonios de su presencia aunque existan zonas que ambientalmente pudieran albergar poblaciones de *Thymus villosus*, y su distribución se prolonga hasta las comarcas portuguesas del Alto Alentejo, colindantes con Cáceres.

Ecología:

Especie que se asienta sobre suelos de naturaleza ácida, cuyo soporte estructural suelen ser cuarcitas, pizarras, arenas y rañas con cantos de cuarcitas. Suelen ser suelos de escasa potencia, pedregosos, con bajo niveles de nutrientes, y es fácil encontrarla en zonas con problemas de erosión, en pendientes medias a ligeras siempre formando poblaciones laxas de individuos separados claramente uno de otros. Aparece asociada a alturas por encima de los 500 msn en Extremadura, llegando a alcanzar más de los 1000 msn en algunos puntos de la Sierra de Altamira. Habitualmente vive en lugares con precipitaciones medias entre los 500 a 1000 mm anuales y temperaturas que oscilan entre los -4 °C en invierno hasta los más de 40 °C en algunas días del verano. La vegetación que acompaña a esta planta suelen ser elementos de brezales como *Erica*

arborea L., *Erica australis* L., *Chamaespartium tridentatum* (L.) P. Gibbs, *Arbutus unedo* L., *Cistus populifolius* L., *Cistus psilosepalus* Sweet, *Genista triacanthus* Brot. o *Halimium ocymoides* (Lam.) Willk.. En otras ocasiones forma parte del cortejo de los bosques de encinas y en las zonas de pinares de repoblación mezclada con *Thymus mastichina* L. o *Lavandula stoechas* subsp. *sampaiana* Rozeira.

Fifosociológicamente es elemento característico de las comunidades de la subalianza *Ericenion umbellatae* Rivas-Martínez 1979 (*Ulicetalia minoris* Quantin 1935)

Variabilidad de la especie:

Aunque se trata de una especie polimorfa en su área de distribución por toda la Península Ibérica de la que es endémica, en Extremadura las poblaciones que se conocen suelen ser homogéneas en sus caracteres. Las principales variaciones se concentran en la morfología de las brácteas de la inflorescencia y los márgenes de las hojas, que varía de enteros a ligeramente dentados o crenulados. No se han llegado a materializar ninguna variante por debajo de subespecie ya que las variaciones encontradas no han sido suficientemente estables.

Observaciones:

Esta subespecie se diferencia de la subespecie tipo *Thymus villosus* subsp. *villosus* L. por la presencia de flores con corolas de más de 6,5 mm de longitud, la presencia de brácteas florales de margen entero, frente a la variedad típica con brácteas dentadas y a la presencia de hojas lineal lanceoladas a lineales, frente a los individuos de la subespecie típica con hojas lineales.

Con respecto a la hibridación, forma con frecuencia híbridos con *Thymus mastichina*, como se ha expuesto previamente para esa especie. El híbrido que forma

con *Th. mastichina* recibe el nombre de *Thymus x toletanus* Ladero. Este híbrido puede llegar a desplazar a *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* y en algunas poblaciones de la sierra de Guadalupe y Altamira se encuentra predominantemente a *Thymus x toletanus* y escasos individuos de los parentales que lo originaron.

En lo que se refiere a la composición química de los aceites esenciales de esta especie, decir que se han observado importantes diferencias interpoblacionales (Pérez Alonso & Velasco Negueruela, 1984; Morales, 1986; Salgueiro, 1992; Carvalho, 1994; Salgueiro et al. 2000).

Conservación:

Las poblaciones de esta especie, que como dijimos se limitan a la serranía de las Villuercas en Extremadura, están constituidas por pocos y dispersos elementos. Además el hecho de que comparta el hábitat con *Th. mastichina* y *Th x toletanus* hace peligrar su estabilidad y continuidad, ya que el híbrido está desplazando a *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* en todas las poblaciones estudiadas en este trabajo. La distribución media de efectivos de *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, con respecto al resto de los taxones del género *Thymus* en las poblaciones estudiadas, es de menos del 15% en todos los casos. En las condiciones estudiadas se hace indispensable un estudio en profundidad del comportamiento reproductor de la especie, de la existencia de un plan de estabilidad de las poblaciones extremeñas y de su incorporación al Catálogo de especies amenazadas de Extremadura (Blanco et al. 2005).

Etnobotánica:

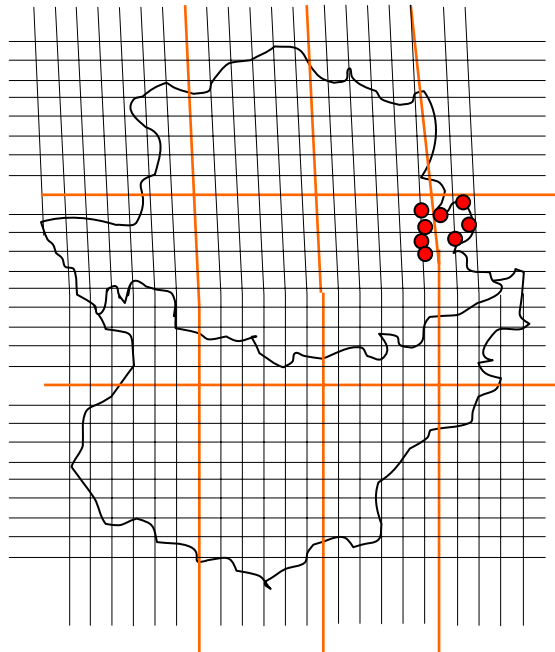
De esta especie no se tiene constancia de su uso en las zonas donde habita, aunque pudiera ser utilizado con las mismas propiedades que *Thymus mastichina* con el que guarda cierta semejanzas morfológicas.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*

(Boiss.)Coutinho

CÁCERES: Alía, UJ17, junto al río Guadarranque, 25/05/1949, A. Caballero, MA 105755; Alía, UJ07, finca de Matallana, 10/06/1968, Ladero, MAF 76130/76127; Alía, ctra. Hacia Puerto de San Vicente, Río Guadarranque, 30SUJ16, 5/06/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 8978/8979/8980; Alía, ctra. hacia Puerto de San Vicente, Río Guadarranque, 30SUJ16, 8/08/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10838; Guadalupe, TJ96, 23/06/1948, A. Caballero, MA 105756; Sierra de Guadalupe, 11/06/1968, M. Ladero, SALA 5979; Ibídem, TJ97, Sierra de Guadalupe, 27/06/1927, Lacaíta, MA 105741/158865; Ibídem, Hospital del Obispo, 11/06/1968, Ladero SEV/SALA/MAF/GD, 32287/5979/71586/8244; Navalvillar de Ibor, Hospital del Obispo, 30STJ97, 23/05/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10435; Navatrasierra, UJ08, Arroyo Aguilones, 10/06/1968, Ladero, SEV/SALA/MAF/GDA 32286/5998/71587/8245; Puerto de San Vicente, UJ17, 20/06/1969, Ladero, MA/SEV/SALA/MAF/GDA, 202845/56104/8833/94477/7242; Puerto de San Vicente, PD56, 11/06/1983, J.L. Pérez Chiscano, UNEX 16435; Puerto de San Vicente, taludes pizarrosos, M.Ladero, UNEX 2109; Puerto de San Vicente, 30SUJ17, 5/06/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez HSS 10841.

Figura 4. Distribución para Extremadura de *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* (Boiss.) Coutinho. (Localidades dadas con pliegos de herbarios).



2.4.2.3. *Thymus zygis* Loefl. ex L., Sp. Pl. 591 (1753)Nombre vulgar:

Tomillo, tomillo salsero o aceitunero.

Sinónimos:

Thymus hirtus auct. pl. non Willdenow (1809)

Descripción:

Subarbusto de hasta 30 cm de altura, habitualmente postrado y ramificado, en ocasiones erecto. Tallos de sección circular, son ascendentes pelosos, con pelos de coloración rojiza, retrósculos. Las hojas de (5,5-)6-9(-9,5)x0,5-1(-1,2) mm, con el margen revoluto, cortamente pecioladas, lineales, con cilios en la base, y glándulas esferoidales de color rojizo. Inflorescencias en verticilastros laxos, de hasta 16 mm de diámetro; espiciformes, distantes unos de otros, aunque los apicales más o menos aproximados; provistos de brácteas de (4-)4,5-10x (0,6-)0,7-1,2(-1,5) mm, iguales a las hojas aunque un poco más anchas, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de 2,5-5(-5,5) mm de longitud, pubescente, con pelos cortos, dientes de alrededor de 1 mm, no ciliados, tubo del cáliz de cerca de 2 mm, cubierto por glándulas esferoidales amarillas. La corola es de hasta 6 mm de longitud, con un tubo 3-4 mm; labio inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior escotado y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color blanco o crema. Estambres exsertos, con filamentos de hasta 7 mm, y anteras de hasta 1 mm de color blanquecino o púrpura. Núculas de hasta 0,5 mm, globosas, de color marrón claro. $2n=56$. Florece de mayo a julio. Ocasionalmente se encuentran ejemplares con floración atemporal en abril y agosto.

Distribución:

Especie íbero-norteafricana que se encuentra ampliamente distribuido por toda Extremadura, sobre todo en la provincia de Badajoz. En Cáceres se concentra especialmente en los afloramientos calcáreos y esporádicamente en el Norte del territorio. En Badajoz aparece abundante en toda la franja central, asociado a los terrenos calcáreos que se alinean de Este a Oeste de la provincia, desde Fuente del Arco hasta Olivenza.

Ecología:

Se trata de una especie que se asienta fundamentalmente en terrenos de naturaleza básica, suelen ser sueltos de textura limo-arcillosa a arenosa, de escasa a media potencia. Es frecuente encontrarla viviendo entre las grietas de la roca aflorante. En general prefiere los sustratos de naturaleza calcárea, aunque es posible encontrarla en sustratos ígneos que proporcionan bases y esporádicamente aparece sobre pizarras. Suele encontrarse en climas con precipitaciones por encima de los 350 mm anuales, llegando a zonas con precipitaciones por encima de los 1000 mm anuales. Soporta bien las bajas y altas temperaturas, no habiéndose observado limitaciones con las bajas temperaturas en Extremadura, donde puede vivir cubierto por la nieve y con más de 45 °C a la sombra en algunos puntos del Sur de Badajoz durante el verano. Suele ocupar rangos de altura que van desde los 200 msn en las proximidades de Badajoz a los más de 1100 msn en las estribaciones de Gredos a la altura de La Garganta. Suele aparecer frecuentemente en las zonas de márgenes de vías, en zonas de laderas con poca pendiente y siempre lugares muy expuestos.

Fitosociológicamente entra a formar parte de syntaxones distintos en función de la subespecie, como veremos en el apartado siguiente.

Variabilidad de la especie:

Dentro de esta especie se han encontrado al menos tres fuentes de variación, que se han reconocido dentro de la diversidad de la especie a nivel de la Península Ibérica (ver figura 5). En Gredos, en el Norte del territorio, en etapas degradadas del *Sanguisorbo-Querceto suberis* S o del *Arbuto-Querceto pyrenaicae* S o el *Querceto pyrenaicae* se han encontrado poblaciones que estaban a mitad de camino entre *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns & Link) Brot. ex Coutinho y *Thymus zygis* subsp. *zygis* L., desde el punto de vista morfológico. El autor de la revisión de 1986 (Morales, 1986), incluyó a estas poblaciones dentro del rango de variación de *Thymus zygis* subsp. *zygis* L., nosotros hemos mantenido este criterio.

En el resto del territorio se ha encontrado principalmente a *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. ex Coutinho, *Bol. Soc. Brot.* 23: 81 (1907). (= *Thymus sylvestris* Hoffmanns. & Link, *Fl. Port.* 1: 132 (1809); *Thymus zygis* var. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot., *Phyt. Lusit.* ed. 3, 2: 105 (1827)), distribuido por la mayor parte de las zonas. Se trata de una especie que vive en zonas de suelos calcáreos o con cierta basicidad, desde suelos con una potencia media a suelos esqueléticos, incluso en las grietas de las rocas. Es frecuente verlo vivir en zonas de esquistos y pizarras más o menos carbonadas y prefiere las zonas de fuerte exposición en matorrales seriales, del *Pyro-Querceto rotundifoliae* S de la faciación basófila, pero también de la faciación típica cuando éste se presenta sobre pizarras.

Sin embargo, en el Centro de Badajoz se han detectado poblaciones de *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales *Anales Jard. Bot. Madrid* 41(1): 93 (1984) (= *Thymus tenuifolius* var. *gracilis* Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 488 (1841); *Thymus zygis* var. *gracilis* (Boiss.) Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 748 (1845); *Thymus tenuifolius* var. *floribundus* Boiss., *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 488 (1841); *Thymus verticillatus* Sennen, *Bol. Soc. Ibér. Ci. Nat.* 32: 83 (1933)), previamente en Nogales por Ladero (in herb.), y posteriormente en el muestreo de campo de este estudio en los alrededores de Badajoz. Se trata de una especie que vive en zonas de suelos margosos, sobre substratos calcáreos, zonas fuertemente expuestas, de matorrales seriales del *Pyro-Querceto*

rotundifoliae S en las formas de faciación basófila que aparecen en los territorios de lo araceno-pacense, y que son mucho más ricas en especies calcícolas características que las del sector toletano-tagano.

La clave para diferenciar a estas subespecies es la siguiente:

- 1. Plantas siempre erectas, con cáliz de 2,5-3,7 mm, pedicelos de menos de 2 mm
.....*Thymus zygis* subsp. *gracilis*
- 1. Plantas postradas, con cáliz de 3-5,5 mm, pedicelos de 1,7-4 mm2
- 2. Cáliz con el dorso de los dientes superiores glabro a glabrescente, dientes superiores e inferiores subiguales y con pelos de menos de 0,2 mm, dispersos
.....*Thymus zygis* subsp. *zygis*
- 2. Cáliz con el dorso de los dientes superiores glabrescente a piloso, dientes superiores e inferiores desiguales y con pelos de más de 0,25 mm, densos
.....*Thymus zygis* subsp. *sylvestris*

Observaciones:

De esta especie se dispone de información sobre la presencia del híbrido que forma con *Thymus mastichina* (= *Thymus* x *copiosus* nothosubsp. *brachychaetus* (Willk.) F.M. Vázquez & J. Blanco comb. nov.), que como ya se ha comentado previamente se caracteriza por la presencia de hojas revolutas y cálices mayores de 4,5 mm.

No se conocen para Extremadura más híbridos de esta especie, ya que tampoco se conocen poblaciones en las que conviva con otras especies.

La bibliografía (Sáez, 1995; Velasco Negueruela & Pérez Alonso, 1985 y 1990, Gaviña-Múgica et al. 1974b, Salgueiro et al. 1993) identifica diferentes quimiotipos para estas subespecies, estando algunos de ellos presentes en el material extremeño, como podremos ver en el capítulo 4 de la presente Memoria.

Así, para *Th. zygis* subsp. *gracilis* se han reconocido 4 quimiotipos, siendo el quimiotipo timol el que se ha observado en el material extremeño analizado. Para *Th. zygis* subsp. *sylvestris* se han reconocido otros 4 quimiotipos. Nosotros hemos reconocido 2 quimiotipos muy diferentes, uno con alta presencia en *p*-cimeno y timol, y otro con gran cantidad de carvacrol. En *Th. zygis* subsp. *zygis* están descritos también un buen número de quimiotipos, aunque los resultados obtenidos en el material analizado por nosotros no es nada común, por su alto contenido en linalol, además de *p*-cimeno y timol.

Conservación:

El taxon *Th. zygis* subsp. *gracilis* está considerado de elevado interés su protección porque es endémico del Sureste de la Península Ibérica y Norte de África, siendo las poblaciones extremeñas las más occidentales y septentrionales que se conocen. Estas pocas poblaciones extremeñas están fuertemente presionadas por el pastoreo de ovino y caprino, existen numerosas recolecciones incontroladas por sus cualidades condimentarias y medicinales, y existe un elevado riesgo de incendios. Por todo esto Vázquez, (2005) considera que este taxon debería estar incluido en el Catálogo de especies amenazadas con la categoría de vulnerable.

Las otras subespecies, a pesar de estar más representadas en Extremadura, también se ven afectadas por los mismos factores, por lo que sería aconsejable algún tipo de control por parte de la Administración para que no se pierda en el futuro este material genético.

Etnobotánica:

Para esta especie se puede indicar las mismas aplicaciones que para *Thymus mastichina*, aunque la potencialidad de la presencia de *Th. mastichina* en el territorio lo hace más popular a esta planta que a *Th. zygis*. De todas formas en las zonas donde convive *Th. mastichina* y *Th. zygis* es frecuente utilizar indistintamente una especie u otra.

A pesar de que el aceite de esta especie ha sido poco analizado por sus propiedades farmacológicas si se tiene constancia de su potencial como antimicrobiano (Pina-Vaz et al. 2004) y antioxidante (Jiménez et al. 1993). No es extraño que esta especie posea estas y otras propiedades ya que sus componentes principales (timol, carvacrol y *p*-cimeno) las poseen.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus zygis* subsp. *zygis* Loefl. ex L.

CÁCERES: Cañaveral, 29SQE0910, 11/05/1983, M. Ladero & Santos, SALA 67123; Cilleros, 29TPE7647, 4/06/1983, A. Valdés, SALA 74040; La Garganta, TK56, 22/06/1992, J.A. Devesa, F.M. Vázquez, UNEX 23336; La Garganta, 30TTK56, 29/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9610; La Garganta, 30TTK56, 18/06/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10850/10851; Serrejón, 30STK6011, 26/05/1984, T. Ruiz, SALA 71757. Tornavacas, TK76, Puerto Tornavacas, 1/07/1991, A. Ortega, R. Tormo, UNEX 16436; ibidem, prados de siega a 1500 msm, 07/2005, F.M. Vázquez (HSS s.n.)

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales

BADAJOZ: Badajoz, 29SPD70, 3/06/2002, J. Blanco & D.Martín, HSS 8943/8944/10846/10847; Badajoz, 29SPD70, 26/08/2002, J. Blanco, HSS 9521; Badajoz, 29SPD70, 20/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 10849; Nogales, 29SQC9377, 22/06/1988, M. Ladero & A. Amor, SALA 79729.

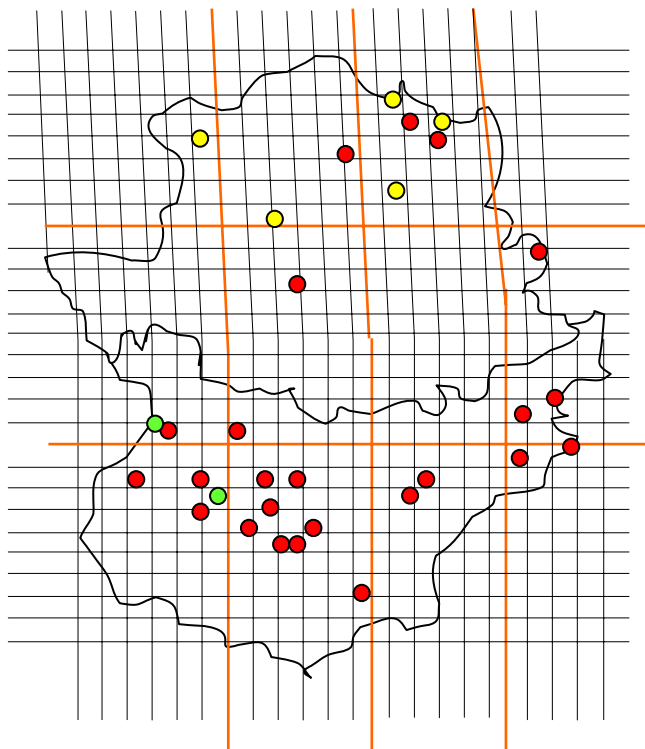
PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. ex Coutinho

BADAJOS: La Albuera, PC88, 28/09/1932, MAF 72692; La Albuera, 29SPC88, 3/06/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 8939; Almendralejo-Solana de los Barros, 1/05/1996, Irene, Clara, F.M. Vázquez, HSS 1350/1352; Almorchón, VH08, 30/06/1952, MAF 81869; Badajoz, PD60, Finca de Casablanca, 02/06/1989, R. Tormo, T. Ruiz, UNEX 16443; Cabeza del Buey, 30SUH09, 20/04/1988, A. Muñoz, R. Tormo, UNEX 16440; Cabeza del Buey, 30SUH09, 2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9522/9523; Cabeza del Buey, 30SUH08, 18/05/2004, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11833; Esparragosa de Lares, 24/04/1943, González Guerrero, MA 106369; Fuente del Maestre, 29SQC16, río Guadajira, 21/04/1987, F.M. Vázquez UNEX 8344; Guadajira, 29SQD00, 30/05/2002, J. Blanco, HSS 8871; Guadajira, 29SQD00, 12/08/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 10848; Guadajira, 29SQD00, 30/05/2002, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 8870; Guadajira, 29SQD00, 28/05/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9541; Guadajira, 29SQD00, 7/08/2003, J. Blanco, HSS 10919; Guadajira, 29SQD00, 23/02/2004, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11573/11574; Herrera de Duque, UJ23, 18/05/1967, JACA 780/67; Higuera de la Serena, TH68, cunetas, 24/04/1987, J.P. Carrasco, M.C. Viera, UNEX 16421; Llerena, QC63, 18/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16442; Llerena, QC63, 03/05/1988, J.P. Carrasco, UNEX 16433; Lobón, QD00, Cerros del río Guadajira, 29/04/1973, Ladero, MAF 88885; Morera, 10/03/1994, F. Rodríguez, HSS 1428; Olivenza, PC68, Pantano de Piedra Aguda, 16/04/1988, J. López, G. Utrera, UNEX 16416; La Parra, 29SQC06, sierra caliza, 21/04/1987, F.M. Vázquez UNEX 8343; Retamal, TH57, 30/04/1964, JACA, 375/64; Los Santos de Maimona, QC25, 17/06/1953, Borja & al., MA 158699; Los Santos de Maimona, 29SQC25, 02/05/1987, F.M. Vázquez, UNEX 8341; Los Santos de Maimona, 29SQC25, 13/05/2002, J. Blanco & D. Martín, HSS 9092; Los Santos de Maimona, 29SQC25, 27/02/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco HSS 9732; Los Santos de Maimona, 29SQC25, 16/08/2004, J.J. Barrantes & J. Blanco HSS 11831; Solana de los Barros, QC18, 5/09/1991, F.M. Vázquez, UNEX 16411; Solana de los Barros, 29SQC18, 7/08/2001, J. Blanco & D. Martín, HSS 8236/8237; Solana de los Barros, 29SQC18, 19/04/2002, J. Blanco & F.M. Vázquez, HSS 9209/9226; Solana de los Barros, 29SQC18, 28/08/2003, J.J. Barrantes & J. Blanco, HSS 9543; Zafra, Sierra Alconera, QC25, 18/06/1953, Borja, MAF 86496;

CÁCERES: Almaraz, 30STK74, F.M. Vázquez, HSS 10913; Cañaveral, QE20, 15/05/1942, Rivas Godoy, MAF 86592; Ibídem, VJ19, 11/07/1968, Ladero, MAF 84826; Plasencia, 29SQD91, Embalse Tajo-Alcántara, 12/05/1989, J.P. Carrasco, F.M. Vázquez, UNEX 16439; Villar de Pedroso, Riveras del Pedroso, VJ19, 16/05/1969, Ladero, MAF 84850.

Figura 5. Distribución para Extremadura (localidades dadas por pliegos de herbarios) de:

- *Thymus zygis* subsp. *zygis* Loefl. ex L.
- *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales
- *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. ex Coutinho



2.4.2.4. *Thymus caespitius* Brot., *Fl. Lusit.* 1: 179 (1804)Nombre vulgar:

Pebrella, Tormentello.

Sinónimos:

Thymus micans Solander ex Lowe, *Prim. Faun. Fl. Mader.*: 19 (1831)

Thymus serpyllum auct. plur.

Descripción:

Pequeña mata cespitosa de hasta 25 cm de altura, erecta. Tallos de sección circular, pelosos, enterrado normalmente, y formando estolones, los estériles muy pelosos y cortos, los fértiles gráciles, distribuido de manera aleatoria en la mata. Las hojas de (4,5-)5-10 x 1-1,2(-1,5) mm, linear-espátuladas, planas, glabras, ciliadas desde la base o hasta la mitad del limbo, o sólo en la base, con glándulas esferoidales espaciadas color amarillo claro; ocasionalmente amplexicaules, soldándose con la hoja opuesta. Inflorescencias en verticilastros laxos de dos en dos, formados por 8 a 12 flores pediceladas, de hasta 18 mm de diámetro; espiciformes; provistas de brácteas florales de igual características alas hojas del tallo; bracteolas lineales. Las flores disponen de un cáliz de 4-5(-6) mm de longitud, peloso a glabrescente, bilabiado, con dientes inferiores de hasta 3 mm, generalmente no ciliados o rudimentariamente ciliados, cubierto totalmente por glándulas esferoidales verdes a púrpuras. La corola es de hasta 6 mm de longitud, con un tubo 4,5 mm; labio inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color púrpura a rosa, ocasionalmente blanca. Estambres exertos, con filamentos de hasta 9 mm, y anteras de hasta 2 mm de color púrpura. Núculas de hasta 0,8 mm, ovoides, de color marrón claro.

2n=30. Florece de mayo a principios de agosto, ocasionalmente aparecen pies aislados floridos en septiembre.

Distribución:

Esta especie tiene una distribución mundial que se limita a las islas de Madeira y Azores, y al Noroeste de la Península Ibérica. Las poblaciones que se conocen de esta especie para Extremadura se restringen al Norte de la provincia de Cáceres. Sólo se conoce su presencia en las estribaciones de Sierra de Gata (figura 6).

Ecología:

Este tomillo vive habitualmente en zonas de brezales abiertos, donde dominan especies del género *Erica* L. como *E. umbellata* L. o *E. australis* L., mezclados con otras especies de estos matorrales como *Cistus ladanifer* L., *Cistus populifolius* L. o *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri* Rozeira. Además aparecen especies singulares para la flora extremeña como *Thymelaea procumbens* A. & R. Fernández o *Thymelaea broteriana* Coutinho. Fitosociológicamente son comunidades de *Ericion umbellatae* Br. Bl. –P. Silva, Rozeira & Fontes 1952. Se trata de una especie que vive sobre suelos de textura arenosa, con pH ácido, generalmente sobre sustratos de naturaleza sedimentaria como pizarras más o menos metamorfizadas o sobre cuarcitas. Normalmente prefiere los suelos de escasa potencia en zonas planas con fuerte insolación. Suele aparecer en lugares con clima de temperatura extremas por debajo de los -4°C en invierno, aunque las heladas la soportan muy mal, en verano soporta temperaturas por encima de los 40°C ; con precipitaciones por encima de los 800 mm anuales suele aparecer sobre suelos que conserve una parte de la humedad en verano. Normalmente vive en lugares por encima de los 500 msn, llegando a encontrarse poblaciones por encima de los 1000 msn, siendo las poblaciones más abundantes las que se encuentran entre los 700-900 msn. Suelen ocupar orientaciones Sur, fuertemente soleadas y en zonas con nula o baja pendiente.

Variabilidad de la especie:

A esta especie se le ha descrito una variedad con flores de más de 12 mm, por encima de las variaciones encontradas en las poblaciones extremeñas que se ha denominado *Th. caespititius* var. *macranthus* Samp., *Bol. Soc. Brot.* 18: 178 (1901). En el territorio de Extremadura no se ha encontrado esta variación. Sólo ha podido denotarse la enorme variabilidad en la morfología de los dientes del cáliz que pueden llegar a ser desde iguales los tres superiores a prácticamente desaparecer los dos laterales. Junto a esta variación se ha encontrado plantas con flores blancas que aquí se han denominado *Thymus caespititius* var. *albicans* J. Blanco & F. M. Vázquez var. nov (*Affinis variantis Thymus caespititius* var. *caespititius*, a qua differnt floribus albina). Holotipo: HS: CÁCERES: Descaragamaría, en las proximidades de Fuente La Malena, 29SQE16, 10-VI-2003, J. Blanco, S. Ramos & F. M. Vázquez HSS 10572 Ejemplar central. Isotipo: HSS 10573). Además de los ejemplares de flores blancas se han encontrado ejemplares con flores rosadas que posiblemente procedan del cruce entre los individuos típicos y los de flores blancas.

Observaciones:

De esta especie se puede indicar que no existe confusión alguna con otras especies de su género por los caracteres que la denotan y que previamente se han expuesto.

De todas formas es notable la presencia de ejemplares híbridos en algunas poblaciones donde convive con *Thymus mastichina*, dando pie a la aparición de individuos que ha recibido el nombre de *Thymus x henriquesii* Pau (= *Thymus caespititius* x *Thymus mastichina*); como se ha indicado previamente en *Thymus mastichina* L.

En lo que se refiere a la composición química de sus aceites esenciales no existe una gran información, aunque sí está claro que los individuos de esta especie poseen un alto polimorfismo químico (Salgueiro et al., 1997; Pereira et al., 2000 y 2003; Morales, 1986)

Conservación:

Esta especie, que posee una distribución tan restringida y peculiar (Madeira, Azores y Noroeste de la Península Ibérica), en Extremadura sólo ha sido localizada en la Sierra de Gata. Las poblaciones encontradas son escasas y, aunque el número de individuos de cada una de ellas es considerable, se ven perjudicadas por el hecho de que el hábitat donde suelen encontrarse en mejores condiciones son las cunetas de las pistas y los márgenes de cortafuegos, lugares frecuentemente modificados por el hombre (Blanco et al. 2005).

Etnobotánica:

En el entorno rural donde vive se recolecta parcialmente y tiene un uso restringido desde el punto de vista aromatizante y conservador en el aderezo de aceitunas o como condimento de platos.

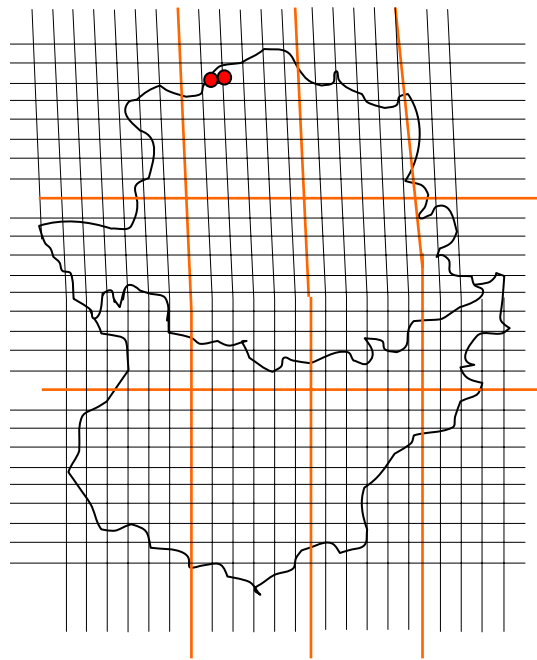
PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus caespititius* Brot.

CÁCERES: Descargamaría, Sierra de Gata, QE16, 22/06/1977, Ladero, MA / MAF 208660 / 97963; Descargamaría, Fuente La Malena, 29TQE16, 8/09/2002, J. Blanco, A.B. Lucas & J. Pozo, HSS 10833; Descargamaría a Fuente La Malena, 29TQE16, 10/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10574/10586; Descargamaría a Fuente La Malena, 29TQE16, 5/08/2003, J. Blanco & D. García, HSS 10836; Descargamaría, dirección Fuente La Malena, 29TQE16, 17/08/2004, J. J. Barrantes y J. Blanco, HSS 11845; La Malena, 22/06/1982, A.Valdés, SALA 63411; Robledillo de Gata, QE06, 17/06/1977, Ladero, MAF 97962; Robledillo de Gata, salida a Puerto Viejo, 29TQE16, 10/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10570/10571; Robledillo de Gata, salida a Puerto Viejo, 29TQE16, 5/08/2003, J. Blanco & D. García, HSS 10832; Robledillo de Gata, 29TQE16, 17/08/2004, J. J. Barrantes y J. Blanco, HSS 11845; Sierra de Gata, QE06, 01/06/1894, M. Kheil, MA 106154.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus caespititus* var. *albicans* J. Blanco & F. M. Vázquez var. nov

CÁCERES: Descargamaría a Fuente La Malena, 29TQE16, 10/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10572/10573 (Holotipo).

Figura 6. Distribución para Extremadura de *Thymus caespititus* Brot. (localidades dadas con pliegos de herbarios).



2.4.2.5. *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata in Lazaroa 7:111 (1987)

Nombres vulgares:

Serpol, Serpolio, Tomillo rastrero, Tomillo de sierra

Sinónimos:

Thymus praecox subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata in *Opusc. Bot. Pharm Complutensis* 2:119 (1986) *nom. inval.*

Thymus serpyllum var. *penyalarensis* Pau, *Bol. Soc. Aragonesa Ci. Nat.* 15(6): 160 (1916)

Thymus bracteatus var. *penyalarensis* (Pau) S.Rivas-Martinez, *Anal. Inst. Bot. A.J. Cavanilles*, 36: 308 (1980)

Descripción:

Subarbusto de hasta 40 cm de altura, postrado, reptante y ramificado. Tallos de sección circular, pelosos, con pelos retorsos distribuidos regularmente en todo el tallo menos en la parte inferior que aparece parcialmente glabros (anfitricha). Las hojas de (5-)6-9,5(-11) x 1,2-2(-2,5) mm, planas, pecioladas, de oblongas a oblogo-lanceoladas, con venas prominentes y generalmente ciliadas en la base, con cilios de hasta 1,5 mm, el margen desprovisto de aguijones en el ápice, con glándulas esferoidales de color amarillo a rojizas, enteras o a veces de bordes curvados hacia abajo. Inflorescencias en verticilastros densos, de hasta 16 mm de diámetro; los superiores, capituliformes; los inferiores, más laxos globosos, subsésiles; provistas de brácteas de 4,5-6,5 (-7) x 0,8-2,5(-3) mm, similares a las hojas, coloreadas de púrpura en los nervios y

ocasionalmente en el margen, más o menos pelosas, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de 2,7-3,5(-4) mm de longitud, vilosos, con pelos largos, dientes generalmente ciliados (cilios mayores de 0,5 mm), los superiores de 0,8-1,5 mm y los inferiores de 1,8-2,5 mm, cubierto por glándulas esferoidales amarillas. La corola es de 4-5(-5,5) mm de longitud, con un tubo 3,5-4,5 mm; labio inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales, es de color púrpura. Estambres exertos, con filamentos de hasta 6 mm, y anteras de hasta 0,5 mm de color púrpura. Núculas de hasta 1 mm, globosas, de color marrón oscuro. $2n=?$. Florece de julio a agosto, apareciendo pies en flor en septiembre de forma ocasional.

Distribución:

Especie que se encuentra acantonada en las zonas más elevadas (piso supramediterráneo superior y oromediterráneo) de la Sierra de Gredos. Sólo la encontramos en el Norte de la provincia de Cáceres, en las estribaciones del pico Calvitero, en la Sierra de Tormantos y en la Portilla de Jaranda (figura 7), es decir, en la parte de Extremadura que es ya carpetano-ibérico-leonesa.

Ecología:

Se trata de una planta que vive por encima de los 1800 msm, llegando a alcanzar los 2400 msm en algunos puntos. Normalmente vive una parte del año cubierta por las nieves, comenzando su ciclo vegetativo a partir de mayo-junio. Se asienta en climas fríos de montaña que no superan los 28 °C en verano y con precipitaciones por encima de los 1000 mm anuales. Los suelos en los que vive son pedregosos, normalmente de escasa potencia, se inserta en zonas de grietas de rocas y suele apetecer los suelos con cierta riqueza de nitrógeno. Se trata de suelos poco evolucionados con textura arenosa. Las comunidades vegetales en las que vive tienen un carácter orófilo y silicícola, y se caracterizan por la presencia de especies altimontanas como *Alchemilla serratisaxatilis*

R. Fröher, *Phyteuma hemisphaericum* L. *Armeria bigerensis* (Pau ex C. Vicioso & Beltrán) Rivas Martínez, *Adenostyles alliariae* (Gouan) A. Kerner. Fitosociológicamente pertenecen a la Alianza *Minuartio-Festucion caurvifoliae* Rivas-Martínez 1964 corr. Rivas-Martínez, Fernández-González & Loidi 1999.

Variabilidad de la especie:

De esta planta no se conoce una variabilidad muy elevada como consecuencia de la escasa representación con la que cuenta y las poblaciones que se deben multiplicar en más de una ocasión por vía vegetativa. Las mayores variaciones encontradas se corresponden con la morfología de las hojas y la coloración de las flores que pueden pasar de púrpuras a rosa claro.

Observaciones:

De esta especie se han realizado escasos estudios desde el punto de vista taxonómico y nomenclatural, dada su escasa representación, su bajo número de recolecciones y la dificultad de accesos a sus poblaciones naturales. Todos estos condicionantes han permitido ofrecernos un cierto rosario de nombres que en algunos casos han derivado a taxones independientes y que ha configurado un ambiente de confusión a la hora de la identificación de las poblaciones silvestres de esta planta.

Para algunos autores como (Casaseca et al., 1988), las poblaciones de La Nijara y Calvitero (Cáceres) se corresponden con *Thymus praecox* subsp. *praecox*, Opiz, Natural., VI: 40 (1824), ya que no difieren de la variabilidad observada para las poblaciones típicas de la especie. El carácter más relevante para discriminar a *Thymus praecox* Opiz de *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata es la presencia de tallos con pubescencia homogénea en toda su superficie para el primero, mientras que el en segundo la parte basal de los tallos tiene pubescencia de tipo olotrichia, ocasionalmente algunos tallos

cubiertos de pelos totalmente en *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata, aunque los pelos del tallo en este taxon no superan los 0,3 mm y en *Thymus praecox* Opiz pueden llegar hasta 0,4 mm. En esta ocasión todo el material estudiado se aproxima a *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata. Para el territorio se ha citado también la presencia de *Thymus praecox* subsp. *britannicus* (Ronn.) Holub in *Preslia*, 45(4): 359 (1973), en las estribaciones del pico Calvitero. Sin embargo, esta especie se caracteriza por la presencia de tallos de hasta 7 cm y con hojas similares a lo largo del tallo.

El aceite esencial de la subespecie presente en Extremadura no ha sido analizado aunque sí lo ha sido la de otras subespecies del Centro del continente europeo (Stahl, 1984, 1986; Bischof-Deichnik et al. 2000).

Conservación:

Se trata de la única especie de tomillos que está recogida en el catálogo de especies amenazadas de la comunidad Extremeña, (Decreto 37/2001, DOE nº 30 13/03/2001) dentro de la categoría de “Interés Especial”. Las poblaciones que existen en la Comunidad de Extremadura se reproducen y regeneran con facilidad. La amenaza más importante con la que cuenta es el pastoreo de las zonas montanas por el ganado bovino. Sin embargo, las poblaciones conocidas para Extremadura se encuentran resguardadas en zonas rocosas, fisuras y áreas de baja productividad pascícola y escaso interés para el ganado.

Las poblaciones situadas en nuestro territorio (Aguilar et al. 2005) parecen tener una buena conservación por la inaccesibilidad de su hábitat aunque sería recomendable un estudio para confirmar su continuidad.

Etnobotánica:

Se trata de una especie que en principio no se recolecta de forma tradicional para su uso en la medicina o las aplicaciones culinarias a la que están sometidas el resto de las especies del género que viven en la comunidad.

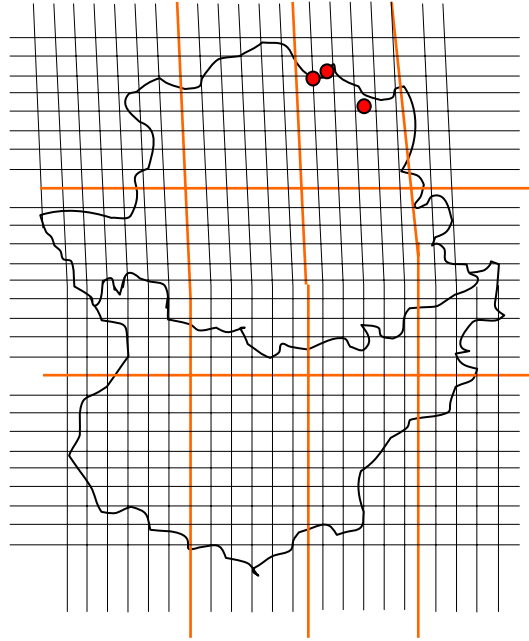
Los contenidos de fenoles y flavonoides en el aceite esencial hacen pensar que puede tener las mismas propiedades terapéuticas que otros tomillos ya que sus compuestos mayoritarios (relacionados con el anillo del cimeno) tienen un buen número de esas propiedades.

El hecho de tener esta planta la categoría de “Interés Especial” dentro del catálogo de especies amenazadas de Extremadura supone la limitación en la recolección y un estatus previo de conservación del entorno y las poblaciones que existen en la comunidad.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*
(Pau)Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez

CÁCERES: La Garganta, Hoya del Moro (El Calvitero), 30TTK56, 27/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10824/10825/10918; La Garganta, Hoya del Moro (El Calvitero), 30TTK56, 27/08/2003, J. Blanco & D. García, HSS 10815/10816/10817/10818; Gredos, Alto de Majarreina, 29TTK66, 20/07/2004, J. Blanco, D. García, S. Ramos & F. M. Vázquez, HSS 11842, 11843, 11848; Gredos, Nijara, 29TTK66, 20/07/2004, J. Blanco, D. García, S. Ramos & F. M. Vázquez, HSS 11836; Gredos, 29TTK66, 12/08/2004, J. Blanco & D. García, HSS 11844; Losar de La Vera, 30TTK7844, 7/07/1990, A. Amor, SALA 84824.

Figura 7. Distribución para Extremadura de *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez (localidades dadas con pliegos de herbarios).



2.4.2.6. *Thymus pulegioides* L., Sp. Pl.: 592 (1753)

Nombres vulgares:

Serpol, Té fino, Té morado

Sinónimos:

Thymus serphyllum auct. pl. non Linneo (1753)

Descripción:

Mata o caméfito de hasta 40 cm de longitud, postrado, erectos los tallos floríferos. Tallos de sección cuadrangular, pelosos en los ángulos (goniotrichia). Las hojas de (5-)6-16(-19)x(2,5-)3-10(-11) mm, planas, pecioladas, de ovadas a lanceoladas oblongas, obtusas, sin cilios en la base, con glándulas esferoidales de color amarillo; las de los tallos del año, ligeramente mayores, glabras a glabrescentes. Inflorescencias interrumpida en la base, formada por verticilastros de hasta 18 mm de diámetro; los terminales, globosos, densos; los inferiores más laxos; provistas de brácteas de 3-8,5(-10,5) x 1,5-4,5(-5,5) mm, generalmente oblongas a oblongovadas, similares a las hojas, no coloreadas, más o menos ciliadas (cilios mayores de hasta 1,7 mm), con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de (2,7-)3-4(-4,5) mm de longitud, con dientes superiores atenuados, de hasta 1/6 de largos que el tubo del cáliz, ciliados (cilios mayores de 0,7 mm), los superiores de 0,7-1,5 mm y los inferiores de 1,5-2(-2,3) mm, cubierto por glándulas esferoidales amarillas. Pedicelo de 1,5-3,5(-4) mm. La corola es de hasta 5,5 mm de longitud, con un tubo 3-4 mm; labio inferior con tres lóbulos subiguales; labio superior erecto y con dos lóbulos cortos, con glándulas esferoidales; es de color rosa o púrpura rosada. Estambres exertos, con filamentos de hasta 6 mm, y

anteras de hasta 2 mm de color amarillo. Núculas de hasta 1 mm, globosas, de color marrón oscuro. $2n=28, 30$. Florece de junio a agosto.

Distribución:

Especie eurosiberiana de amplia distribución en Europa y que en la Península Ibérica sólo aparece en la mitad septentrional. Por eso en Extremadura se localiza únicamente en el Norte de la provincia de Cáceres, donde aparecen poblaciones repartidas por la Sierra de Gata, estribaciones de la Sierra de Gredos en los Valles del Ambroz, el Jerte y la Vera (figura 8). Especialmente se encuentra en cotas medias y altas de estos valles, hasta las zonas más elevadas, llegando a alcanzar las cumbres de algunas de las sierras como la de Tormantos, Bejar o Barco de Ávila.

Ecología:

Se trata de una especie que vive en las zonas frescas de las sierras más norteñas del territorio. Prefiere las zonas con humedad edáfica constante, de suelos sueltos, arenosos, ricos en materia orgánica, sobre suelos de media a baja potencia, ocasionalmente aparece asociada a suelos de naturaleza higrotuburgosas, evolucionados, normalmente de pH ácido. En relación al clima suelen aparecer en zonas con precipitaciones por encima de los 800 mm anuales, con frecuencia encontramos poblaciones que pasan ocasionalmente una parte del año cubierta por las nieves, aunque soporta mal las bajas temperaturas. En verano no soporta las temperaturas por encima de los 30 °C, abrigándose en zonas poco expuestas o soleadas, prefiriendo las exposiciones con baja circulación de vientos que deseeque el terreno o las fuertemente irradiadas. Suele ocupar zonas por encima de los 600 msm, llegando a alcanzar los 1500 msm en algunos puntos de la comunidad como en las comarcas de La Vera, Jerte y Gata. Normalmente no se asienta en las zonas de fuerte pendiente, prefiere las hondonadas y las depresiones. Las especies vegetales que le acompañan son muy variadas dependiendo de la altura que alcance las poblaciones, así es posible

encontrarlo con *Thymus mastichina* y *Rubus ulmifolius* Schott en cotas bajas y con *Erica tetralix* L. o *Adenostyles alliariae* (Gouan) A. Kerner en las cotas más elevadas.

Fitosociológicamente, Rivas-Martínez et al. (1989:2002), la da como característica de *Festuco Brometea* Br.-Bl. & Tüxen ex Br.-Bl. 1949, sin embargo también pueden encontrarse dentro de la alianza *Campanudo-Nardion strictae* Rivas-Martínez 1964.

Variabilidad de la especie:

De esta especie se desconocen variantes o subespecies asociadas en el territorio extremeño; ya que su representación es pequeña y reducida a espacios muy concretos. Sólo se han determinado variaciones en el porte de las plantas que pueden ser de procumbentes en las zonas más elevadas a completamente erectos en las zonas protegidas de cotas bajas y con humedad constante. Otro elemento de variación es la coloración de las flores que pueden llegar a ser de púrpuras a rosa claro. Las variaciones en las dimensiones de las hojas y flores obedecen en muchas ocasiones a las variaciones del entorno donde viven.

Observaciones:

De esta especie se han realizado diferentes contribuciones taxonómicas por su proximidad con *Thymus serpyllum* L. de la que se diferencia claramente por la presencia de pelos en el tallo de más de 0,3 mm y hojas sésiles más largas que los entrenudos, mientras que *Thymus pulegiodes* L., dispone de pelos de menos de 0,3 mm en el tallo y hojas pecioladas normalmente menores que los entrenudos. De todas formas *Thymus serpyllum* L. es un complejo de especies todavía no clarificado que tiene su origen en los países del centro de Europa y la península Escandinava.

Aunque no ha sido una especie muy estudiada desde el punto de vista químico, en Europa se han llegado a describir al menos 6 quimiotipos diferentes en estado de

floración (Wiesner et al. 1984; Martonfi, 1992; Martonfi et al. 1994; Stahl, 1986; Kustrak et al., 1990; Mockute & Bernotiene, 1999, 2001). Como veremos en el capítulo 4 de la presente Memoria, el material extremeño estudiado en floración pertenece a uno de ellos (quimiotipo timol).

Conservación:

Las poblaciones de *Th. pulegioides* en Extremadura son de las más meridionales en la Península Ibérica. A pesar de que se ha citado por buena parte del Norte de Cáceres, las poblaciones poseen un número de individuos que en ningún caso es elevado, apareciendo matas siempre de forma dispersas. Esto ha condicionado el estudio de esta especie, en lo que se refiere al análisis químico, a material cultivado a través de semillas (Capítulo 4).

Es de destacar también que en localidades donde esta planta se había citado con anterioridad no se ha encontrado, posiblemente debido a la degradación del hábitat (Blanco et al. 2005).

Las condiciones de fragilidad de los hábitat que ocupan, las fuertes necesidades edáficas e hídricas que precisan y la escasez de individuos en las poblaciones estudiadas, ha promovido la petición por parte de Blanco & al. (2005) como una especie a incluir en el catálogo de especies vegetales amenazadas en Extremadura.

Etnobotánica:

El uso de esta especie como medicinal es relativamente frecuente en las zonas donde habita. Las propiedades que le confieren su aceite esencial son similares a las expuestas previamente para *Thymus zygis*, aunque al igual que esta especie, se caracteriza por una gran cantidad de quimiotipos que pueden llegar a ser muy diferentes entre sí.

Sirve fundamentalmente como expectorante, antiespamódico y las propiedades vulnerarias y antisépticas que le sirven para el uso en la desinfección de heridas en humano y animales domésticos. Aunque no es extraño que tenga esas aplicaciones por los componentes que han sido testados en él, no se conocen trabajos que evalúen este aceite esencial.

Como condimentario es posible su utilización, pero el bajo rendimiento en aceite esencial con respecto a *Thymus mastichina* no le confiere un uso habitual como condimentario o conservante, prefiriendo la población a *Thymus mastichina* y *Thymus zygis* para esas aplicaciones.

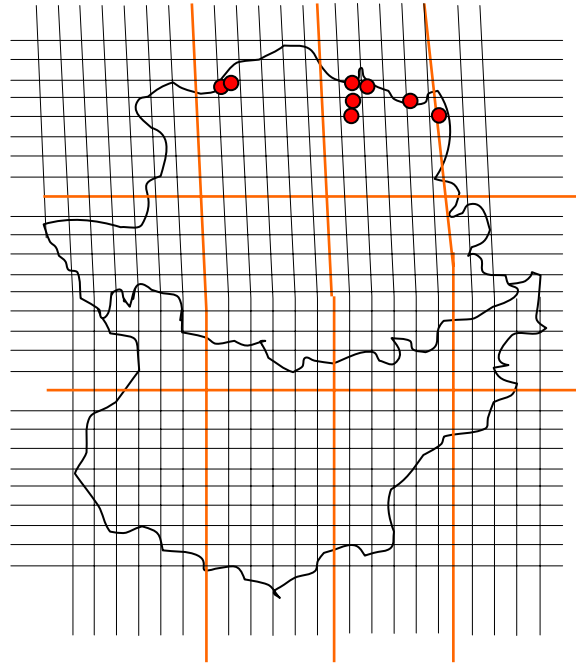
Como ornamental podría ser una planta tapizante, que soporta las heladas, tiene un crecimiento bueno con un abonado adecuado y dispone de una floración vistosa y distendida a lo largo de cerca de dos meses al principio de verano, en las zonas térmicas de la región y a mediados del verano en las zonas más frescas. Su cultivo es fácil por semillas y por estaquillas leñosas.

PLIEGOS DE HERBARIO DE *Thymus pulegioides* L.

BADAJOS: Guadajira, cultivo experimental, 29SQD01, J. J. Barrantes & J. Blanco, HSS 11837, 11838.

CÁCERES: Descargamaría, 29TQE0367, 17/07/1982, M. Ladero & Valdés, SALA 71190; Descargamaría, Fuente La Malena, 1/07/1983, E. Rico, SALA 43686; Hervás, Puerto de Honduras, 30TTK5457, 1200m. Lugar húmedo de montaña alta, 17/07/1998, C.J. Del Arco, SALA 101007; Hervás, 15/04/1992, F.M. Vázquez, HSS 3487; La Garganta, TK56, Sierra de Gredos, 22/06/1992, J.A. Devesa, F.M. Vázquez, UNEX 23345; La Garganta-Candelario, 30TTK56, 16/06/2002, J. Blanco, E. Doncel, A.B. Lucas, S. Ramos & F.M. Vázquez, HSS 10819; La Garganta-Candelario, 30TTK56, 11/09/2002, J. Blanco & J. Pozo, HSS 9770; La Garganta, hacia Candelario, 29TTK6468, 27/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F. M. Vázquez, HSS 12324; La Garganta, Hoya del Moro (El Calvitero), 30TTK56, 20/08/2003, J. Blanco & D. García, HSS 10820; La Garganta, 1200 msm, pastizales de siega montanos, 30TTK6368, 27/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F. M. Vázquez, HSS 11325; Gredos, Nijara, 29TTK66, 20/07/2004, J. Blanco, D. García, S. Ramos & F. M. Vázquez, HSS 11835; Guijo de Santa Bárbara, 30TTK7448, 18/07/1988, A. Amor, SALA 77534; Jerte, QE39, Puerto de Honduras, 22/06/1992, J.A. Devesa, F.M. Vázquez, UNEX 23343; Losar de la Vera, 30TTK7844, 17/08/1987, A. Amor, SALA 76390; Piornal, TK54, embalse, 1/07/1991, A. Ortega, R. Tormo, UNEX 16438; Piornal, 30TTK56, 11/09/2002, J. Blanco & J. Pozo, HSS 9810; Robledillo de Gata, 29TQE0569, 18/07/1981, A. Valdés, SALA 71191; Tornavacas, Garganta la Serrá-Portilla de Jaranda, 30STK75, 23/06/2003, J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez HSS 10241, 10252; Villanueva de la Vera, 30TTK9045, 18/07/1990, M. Ladero & A. Amor, SALA 84768.

Figura 8. Distribución para Extremadura de *Thymus pulegioides* L. (localidades dadas con pliegos de herbarios).



2.5. ESPECIES CULTIVADAS

A pesar de las posibilidades como planta ornamental de los tomillos extremeños por sus propiedades, tales como su vistosidad, variedad de formas y, por supuesto, por los olores diversos que desprenden cada una de las especies, su uso es prácticamente nulo en nuestro territorio. Sólo se tiene conocimiento de uso ornamental de *Thymbra capitata* situada en cunetas de autovía y de *Thymus mastichina* en algún jardín privado. Sin embargo, si se tiene constancia del uso de *Thymus vulgaris* L., especie presente en la mitad oriental de la Península Ibérica y cuya distribución natural nunca alcanza a Extremadura.

2.5.1. *Thymus vulgaris* L., *Sp. Pl.*: 591 (1753)

Nombres vulgares:

Tomillo común, Tomillo vulgar.

Sinónimos:

Thymus ilerdensis González ex Costa, *Supl. Fl. Catalunya*: 63 (1877)

Thymus zygis subsp. *ilerdensis* (Gonzalez ex Costa) Nyman, *Suppl. 2 Consp. Fl. Europaea*: 256 (1889-90)

Thymus webbianus Rouy, *Bull. Soc. Bot. France* 35: 123 (1883)

Descripción:

Mata o caméfito de hasta 80 cm de longitud, erecto, ocasionalmente decumbente. Tallos de sección cuadrangular, pelosos en los ángulos con pelos retróscos. Las hojas de (3-)3,5-6,5(-7)x(0,5-)0,8-3,5(-4) mm, planas, pecioladas, de ovado lanceoladas a lineales, obtusas, sin cilios en la base, con glándulas esferoidales de color amarillo.

Inflorescencias formada por cabezuelas de verticilastros, espiciforme, verticilastros de hasta 20 mm de diámetro; densos; provistas de brácteas de 3-6(-6,5)x1,5-2,5(-3,0) mm, generalmente ovadas, algo revolutas, diferentes de las hojas, coloreadas de tonos rojizos o no, con glándulas esferoidales. Las flores disponen de un cáliz de (3-)3,5-5,5(-6) mm de longitud, con dientes superiores iguales, de hasta 0,8 mm, ciliados (cilios mayores de 0,5 mm) o no, con un tubo de 1,5-2 (-2,5) mm, glabro o pubescente, cubierto por glándulas esferoidales amarillas. La corola es de hasta 5,5 mm de longitud, con un tubo 3-4 mm; labio inferior con tres lóbulos, el central mayor que los laterales; labio superior escotado, con glándulas esferoidales; es de color rosa. Estambres exertos, con filamentos de hasta 6 mm, y anteras de hasta 2 mm de color amarillo. Núculas de hasta 1 mm, globosas, de color marrón oscuro. $2n=28, 30$. Florece de abril a junio a agosto, prolongándose hasta septiembre en algunas ocasiones.

Cultivo:

Se trata de una especie que aparece frecuentemente asociada a los espacios ajardinados, sobre todo en áreas expuestas y zonas donde se intenta recrear las condiciones mediterráneas. Además se ha introducido en grandes superficie de cultivo como especie productora de esencia destinada a las industrias farmacéutica y alimentaria.

Precisa de suelos sueltos, ricos en nutrientes, generalmente de pH neutro a alcalino, en zonas de clima seco, con precipitaciones por debajo de los 600 mm anuales y soporta bien las heladas, aunque prefiere los climas con temperaturas medias por encima de los 14 °C de media anual.

Origen:

Procede de la mitad oriental de la Península Ibérica y del resto del mediterráneo norte hasta Italia. Las poblaciones que se cultiva en jardinería posiblemente procedan del cuadrante nororiental de la península Ibérica, mientras que las cultivadas para la producción de esencial posiblemente vengan de las regiones meridionales de Francia.

2.6 CONCLUSIONES

La realización de este trabajo ha aportado un conocimiento más profundo de los taxones incluidos con la denominación de tomillos presentes en la Comunidad Autónoma Extremeña. Dichas aportaciones han incluido descripciones morfológicas delimitadas para el material extremeño, incluyendo la variabilidad observada, análisis de la distribución y ecología en nuestro territorio, e incluso datos adicionales como aspectos etnobotánicos para cada uno de los taxones. Las aportaciones a destacar para cada taxon son las siguientes:

- *Thymbra capitata*

Distribución restringida a unas pocas poblaciones del Centro y Sur de Extremadura, no habiéndose encontrado individuos en algunas de las localidades dadas con anterioridad a este trabajo.

- *Thymus mastichina*

Especie en la que se ha constatado su amplia distribución, abarcando una gran diversidad de hábitats que comparte con otras especies de este género. Este hecho ha proporcionado la aparición de tres híbridos que no habían sido citados en nuestro territorio. Estos nuevos taxones son: *Thymus x henriquecii* (*Thymus caespititius* x *Thymus mastichina*), *Thymus x toletanus* (*Thymus mastichina* x *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*) y *Thymus x copiosus nothosubsp. brachychaetus* (*Thymus mastichina* x *Thymus. zygis* subsp. *sylvestris*).

Thymus villosus subsp. *lusitanicus*

De esta especie se ha constatado su restringida distribución, localizada en la serranía de las Villuercas. En lo referente al aspecto ecológico es destacable que el

híbrido formado por el cruce entre esta especie y *Th. maschina*, *Thymus x toletanus*, aparece de forma frecuente y, en la gran mayoría de las poblaciones localizadas estudiadas, parecen tener un mayor éxito en la colonización del hábitat. Incluso se han observado poblaciones en las que *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* ha sido totalmente desplazado por *Thymus x toletanus*.

Thymus zygis subsp. *gracilis*

De esta subespecie se tenía escasa información acerca de su distribución en Extremadura. Además el hecho de que varios autores indicaran que este taxon estuviera presente predominantemente en el Sureste Peninsular parecía indicar que esta planta no estuviera presente en esta Región. Este trabajo sin embargo, ha confirmado la presencia de esta subespecie, aunque de forma muy puntual.

Thymus zygis subsp. *zygis*

Este taxon, que vive en la mitad norte de la Península Ibérica, tiene su límite sur en la provincia de Cáceres, donde había sido identificado en algunos puntos de su mitad norte como *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. En el presente trabajo se han confirmado la presencia de esta subespecie *zygis* y su presencia en la mitad norte de Cáceres.

Thymus zygis subsp. *sylvestris*

Es la subespecie con una mayor y más amplia distribución en Extremadura posiblemente debida a disponer un mejor adaptabilidad ha diferentes hábitat. En algunas de estas localidades en las que convive con *Th. mastichina* se ha localizado a *Thymus x copiosus nothosubsp. brachychaetus*, que como dijimos anteriormente es el híbrido originado por el cruce entre ambos.

Thymus caespititius

Se ha confirmado su presencia en el extremo noroccidental del territorio a estudio, concretamente a las estribaciones de Sierra de Gata, siendo el número de poblaciones muy escaso y alguna de ellas en condiciones complicadas. El hecho de compartir el hábitat con *Th. mastichina* a permitido la aparición, como dijimos con anterioridad, del híbrido entre ellos, *Thymus x henriquesii*. Se aporta, en lo referente a la variabilidad, la presencia de individuos con flores blancas que han sido denominados como *Thymus caespititius* var. *albicans* J. Blanco & F. M. Vázquez var. nov.

Thymus praecox subsp. *penyalarensis*

De esta especie, que está recogida en el catálogo de especies amenazadas de la comunidad Extremeña dentro de la categoría de “Interés Especial”, se disponía de escasa información en prácticamente todos los aspectos, debido a su distribución que se restringe a las zonas más elevadas de la Sierra de Gredos (1800-2400 msm). Se ha aportado por lo tanto en este trabajo nuevos datos sobre su descripción morfológica, distribución, ecología y variabilidad.

Thymus pulegioides

Esta especie es un taxon ampliamente distribuido por el continente europeo aunque en la Península no se conocen apenas poblaciones en la mitad Sur. De esta especie se desconocen aportaciones de gran profundidad sobre material español, por lo que es novedosa la aportación que se ha realizado sobre ella en aspectos diversos tales como morfología, distribución o variabilidad.

De todo lo anterior se puede destacar el hecho de que Extremadura dispone de una serie de especies con una distribución amplia (*Th. mastichina* y *Th. zygis*) y que por sus posibilidades industriales es necesario conocer sus variaciones interpoblacionales (germinación, composición química de sus aceites esenciales...). Y, otro grupo de

especies, *Thymbra capitata*, *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*, *Thymus caespititius*, *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* y *Thymus pulegioides*, con escasa distribución (cabría la posibilidad de que tuvieran en el futuro algún tipo de categoría de protección) y que posiblemente tengan peculiaridades intrínsecas que deban ser estudiadas.

2.7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S., J. Blanco, D. García, S. García, A. B. Lucas, D. Peral, S. Ramos, F. M. Vázquez (2004). *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*. 225-227. En: Especies Protegidas de Extremadura: Flora. Indugrafic, S. L. Badajoz.
- Arras, G. & G. E. Grella (1992). Wild thyme, *Thymus capitatus*, essential oil seasonal changes and antimycotic activity. Journal of Horticultural Science. Vol. 67 (2), 197-202.
- Arras, G. & M. Usai (2001). Fungitoxic activity of 12 essential oils against four postharvest citrus pathogens: Chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in subatmospheric pressure conditions. J. Food Prot. Vol. 64 (7), 1025-1029.
- Benouda, A., M. Hassar & B. Benjilali (1988). Antiseptic properties of essential oils in vitro, tested against pathogenic hospital microorganisms. Fitoterapia. 59 (2), 115-119.
- Bezager, L., M. Pinkas, M. Torck & F. Trotin. (1990). Plantes medicinales des régions Tempéres. Paris.
- Biondi, D., P. Cianci, C. Geraci, G. Ruberto, M. Piattelli (1993). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from sicilian aromatic plants. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 8, 331-337.
- Bischof-Deichnik, C., J. Holtuijzen & E. Stahl-Biskup (2000). Multivariate statistical analysis of the essential oil composition of *Thymus praecox* Opiz ssp. *polytrichus* (Kern, ex Borb.) Ronn. Collected in the Tyrolean Alps. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 15, 1-6.
- Blanco, J., F. M. Vázquez & T. Ruiz (2005). *Thymus caespititius*, *Th. pulegioides*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* y *Thymbra capitata*: Propuestas de

inclusión en el catálogo de especies protegidas. III Congreso de especies protegidas de Extremadura. Comunicación. Trujillo.

- Bolos, O. & J. Vigo, (1995). *Thymus* L. In: Bolos, O. & J. Vigo:Flora dels Països Catalans. 3: 311-326.
- Brotero, F. A. (1804). *Flora Lusitanica*. Olisipone.
- Carvalho, J. (1994). Qualidade fragrante e potencialidades de arbustivas espontâneas das Serras de Aire e Candeeiros. *Silva Lusitanica*. Vol. 2 (2), 193-206.
- Casaseca B., X. Giráldez & E. Rico (1988) Precisiones florísticas sobre la alta montaña Extremeña. Homenaje a Pedro Montserrat 143-147
- Carvalho, J. (1994). Qualidade fragrante e potencialidades de arbustivas espontâneas das Serras de Aire e Candeeiros. *Silva Lusitanica*. Vol. 2 (2), 193-206.
- Ceballos, A. (1986). Diccionario ilustrado de nombres vernáculos de las plantas españolas. ICONA. Madrid.
- Desjatowa-Schostenko, N. A.(1936). La question de phylogénie des espèces du genre *Thymus* L. de la soussection *Serpylla* Briquet. Proc. Kharkov A. Gorka State Univ. 6-7: 287-304.
- Devesa, J. A. (1995). Lamiaceae. 456-470. En: *Vegetación y Flora de Extremadura*. Universitas Editorial. Badajoz.
- Falchi- Delitala, L., V. Solinas & C. Geesa (1983). Seasonal quantitative and qualitative variations of essential oil and its phenols in *Thymus capitatus* Hoffm. and Link and *Thymus herba-barona* Liosel. *Fitoterapia*. Vol. 54 (2), 87-96.
- Faleiro, L., G. M. Miguel, C. A. C. Guerrero & J. M. C. Brito (1999). Antimicrobial activity of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus*

mastichina (L.) L. ssp. *mastichina* and *Thymus albicans* Hoffmanns & Link. Acta Hort. Vol. 501, 45-48.

- Font-Quer, P. (2001). Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Tercera edición. Ediciones Península S. A. Barcelona.
- García, M. C., D. García & F. Muñoz (1984). Avance de un estudio sobre las esencias de *Thymus mastichina* L. español (majorana de España). An. INIA /Ser. Forestal/ N. 8, 201-218.
- Gaviña-Múgica, M. de & J. Tormes Ochoa (1974a). Aceites esenciales de la Provincia de Guadalajara. Aceite esencial de *Thymus mastichina* L. Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. INIA. 361-377.
- Gaviña-Múgica, M. de & J. Tormes Ochoa (1974b). Aceites esenciales de la Provincia de Guadalajara. Aceite esencial de *Thymus zygis* Loefl.. Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles II. INIA. 405-420.
- Greuter, W. & al. (2000). International Code of Botanical Nomenclature (Saint Louis Code). Viena.
- Hoffmanns & Link, (1809). Flore Portugaise. Vol 1: 123-138. Berlín.
- Houard, C. (1909). Les Zoocécidies des Plantes d'Europe et du Bassin de la Méditerranée 2. Paris.
- Jiménez, J., M. C. Navarro, M. P. Montilla, A. Martín & A. Martínez (1993). *Thymus zygis* oil: its effects on CC14-induced hepatotoxicity and free radical scavenger activity. Journal of Essential Oil Research. Vol. 5 (2), 153-158.
- Jalas, J. (1972). *Thymus* L. En: t. g. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters & D. A. Webb. Flora Europaea 3: 172-182.

-
- [Kanias, G. D. & A. Loukis \(1992\)](#). Statical analysis of essential oil percentage composition of *Coridothymus capitatus* Reichb. F. and *Satureja thymbra* L. J. Essential Oil Res. Vol. 4, 577-584.

 - [Kokkini, S. & D. Vokou \(1989\)](#). Carvacrol-rich plant in Greece. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 4, 1-7.

 - [Kustrak, D., Z. Martinis, J. Kuftinec & N. Blazevic \(1990\)](#). Composition of essential oils of some *Thymus* and *Thymbra* species. Flavour and Fragrance Journal. Vol.5, 227-231.

 - [Linneo, C. \(1753\)](#). Species Plantarum. Homiae.

 - [Mártonfi, P. \(1992\)](#). Polymorphism of essential oil in *Thymus pulegioides* subsp. *chamaedrys* in Slovakia. J. Ess. Oil Res. Vol. 4, 173-179.

 - [Mártonfi, P., A. Grejtovský & M. Repcák \(1994\)](#). Chemotype pattern differentiation of *Thymus pulegioides* on different substrate. Biochemical Systematic and Ecology. Vol. 22 (8), 819-825.

 - [Miguel, G., C. Guerrero, H. Rodrigues, J. Brito, F. Venâncio, R. Tavares, A. Martins & F. Duarte \(1999a\)](#). Study of the substrate and fertilization effects on the production of essential oils by *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* cultivated in pots. (D. Anaç & P. Martin-Prével Eds.) Improved Crop. Quality by Nutrient Management. Holanda. Vol. 46: 201-204.

 - [Miguel, M. G., C. A. C. Guerrero, J. M. C. Brito, F. Venâncio, R. Tavares, A. Martins & F. Duarte \(1999b\)](#). Essential oils from *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* and *Thymus albicans* Hoffmanns. & Link. Acta Hort. 500, 59-63.

 - [Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. G. Barroso & L. Pedro \(2003\)](#). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymbra capitata* (L.) Cac. On olive and sunflower oils. Grasa y Aceites. Vol.54. Fasc.3, 219-225.

- Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. Duarte, J. G. Barroso & L. Pedro (2003). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymus albicans*, *Th. mastichina*, *Th. carnosus* and *Thymbra capitata* in sunflower oil. *Nahrung*. Vol. 47 (6), 397-402.
- Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. G. Barroso & L. Pedro (2003). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymbra capitata* (L.) Cac. On olive and sunflower oils. *Grasa y Aceites*. Vol.54. Fasc.3, 219-225.
- Mockute, D. & G. Bernotiene (1999). The main citral-geraniol and carvacrol chemotypes of the essential oil of *Thymus pulegioides* L. growing wild in Vilnius district (Lithuania). *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 47 (9), 3787-3790.
- Mockute, D. & G. Bernotiene (2001). The α -terpenyl acetate chemotype of essential oil of *Thymus pulegioides* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 29, 69-76.
- Morales, R. (1986). Taxonomía de los géneros *Thymus* (excluida la sección *Serpyllum*) y *Thymbra* en la Península Ibérica. *Ruizia*. Vol. 3. 324 pp- Madrid.
- Morales, R. (1987). *Thymus* L. y *Thymbra* L. Vol. 2, 441-446. En: *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Ed: B. Valdés, S. Talavera, E. Fernández-Galiano. Cutres Editora S. A. Barcelona.
- Morales, R. (2000). Diversidad en labiadas mediterráneas y macaronésicas. *Portugaliae Acta Biologica*. Vol. 19, 31-48.
- Papageorgiou, V. P. (1980). GLC-MS gas liquid chromatography-mass spectral analysis computer analysis of the essential oil of *Thymus capitatus*. *Plant Med. J. Med. Plant Res. Suplemento*, 29-33.
- Papageorgiou, V. P. & N. Argyriadou (1981). Trace constituents in the essential oil of *Thymus capitatus*. *Phytochemistry*. Vol. 20 (9), 2295-2297.

-
- Pereira S. I., P. A. Santos, J. G. Barroso, A. C. Figueiredo, L. G. Pedro, L. R. Salgueiro, S. G. Deans & J. J. Scheffer (2000). Chemical polymorphism of essential oils from populations of *Thymus caespititius* grown on the island S. Jorge (Azores). *Phytochem.* Vol. 55 (3), 241-246.
 - Pereira S. I., P. A. Santos, J. G. Barroso, A. C. Figueiredo, L. G. Pedro, L. R. Salgueiro, S. G. Deans & J. J. Scheffer (2003). Chemical polymorphism of essential oils from populations of *Thymus caespititius* grown on the islands Pico, Faial and Graciosa (Azores). *Phytochem. Anal.* Vol. 14 (4), 228-231.
 - Pérez Alonso, M. J. & A. Velasco Negueruela (1984). Essential oil analysis of *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*. *Phytochemistry.* Vol. 23 (3), 581-582.
 - Pignatti, S. (2003). *Flora d'Italia* 3ª reimpresión. Vol. 2: 488-493.
 - Pina-Vaz, C., A. Gonçalves Rodríguez, E. Pinto, S. Costa de Olivera, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, M. J. Goncalves & J. Martinez de Olivera (2004). Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* Vol. 18 (1), 73-78.
 - Rivas Goday, S. (1964). *Vegetación y Flórula de la Cuenca Extremeña del Guadiana*. Excma. Diputación provincial de Badajoz. Madrid.
 - Rivas Martínez, S., F. Fernández-González, J. Loudi, M. Lousao & A. Penas (2001). Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica.* Vol. 14, 5-341.
 - Rivas Martínez, S., T. E. Diaz, F. Fernández-González, J. Izco, J. Loudi, M. Lousa & A. Penas (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotánica.* Vol. 15, 1-922.
 - Ruberto, G., D. Biondi & M. Piattelli (1992). The essential oil of sicilian *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. Et Link. *J. Essent. Oil Res.* Vol. 4, 417-418.

- Ruiz, T. (1995). Vegetación del tramo medio del río Tietar (Cáceres, España). Diputación provincial de Cáceres. Institución el Brocense. Cáceres.
- Sáez, F. (1995). Essential oil variability of *Thymus zygis* growing wild in southeastern Spain. *Phytochemistry*. Vol. 40 (3), 819-825.
- Salgueiro, L. M. R. (1992). Essential oils of *Thymus* species from Portugal. *Flavour and Frgrance Journal*. Vol. 7 (3), 159-162.
- Salgueiro, L. R., O. R. Roque & A. P. da Cunha (1993). Contribution to the standardization of a thymol type essential oil of *Thymus zygis* subsp. *zygis* from Portugal. *Acta Horticulturae*. Vol. 333, 245-248.
- Salgueiro, L. R., Vila, R., F. Tomi, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso, S. Cañigüeral, J. Casanova, A. Proença da Cunha & T. Adzet (1997). Variability of essential oils of *Thymus caespititius* from Portugal. *Phytochemistry*. Vol. 45 (2), 307-311.
- Salgueiro, L. R., A. P. da Cunha, X. Tomas, S. Cañigüeral, T. Adzet, R. Vila & A. P. da Cunha (1997). The essential oil of *Thymus villosus* subsp. *villosus* and its chemical polymorphish. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 12, 117-122.
- Salgueiro, L. R., R. Vila, X. Tomas, S. Canigüeral, J. Paiva, A. Proença da Cunha & T. Adzet (2000). Chemotaxonomic study on *Thymus villosus* from Portugal. *Biochem. Syst. Ecol.* 28 (5), 471-482.
- Sendra, J. M. & P. Cuñat (1980). Volatile phenolic constituents of Spanish origanum (*Coridothymus capitatus*) essential oil. *Phytochemistry*. Vol. 19, 1513-1517.
- Stahl, E. (1984). Chemical polymorphis of essential oil in *Thymus praecox* ssp. *arcticus* (Lamiaceae) from Greenland. *Nordic Journal of Botany*. Vol. 4 (5), 597-600.
- Stahl-Biskup, E. (1986). The essential oil from Norwegian *Thymus* species; II. *Thymus pulegioides*. *Planta Medica*, Vol. 3, 233-235.

- Stahl, E. (1986). The essential oil from Norwegian Thymus species. I. *Thymus praecox* ssp. *arcticus*. *Planta Medica*. Vol 24, 36-38.
- Tateo, F., G. Salvatore & M. Nicoletti (1992). Qualitative-sanitary and marketing aspects of essential oils. Part I: Diisopropylcresols in adulterated samples of thyme. *Industrie Alimentari*. XXXI, 28-35
- Tateo, F., M. Mariotti & M. Bononi (1996). Essential oil composition and enantiomeric distribution of some monoterpenoid components of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. Fil. Grown in island of Kos (Greece). *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*. Anno 25, n.2, 103-107.
- Tavares, J. S. (1905). Synopse das zoocecidias portuguesas. *Broteria*. Vol. 4, 1-123.
- Tomei, T. E., P. L. Cioni, G. Flamini & A. Stefani (1995). Evaluation of the chemical composition of the essential oil of some Lamiaceae from Serrania de Ronda (Andalucia, Spain). *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 7, 279-282.
- Vázquez, F. M., M. A. Suárez & A. Pérez (1997). Medicinal plants used in the Barros Area, Badajoz Province (Spain). *Journal Ethnopharmacology* Vol. 55, 81-85.
- Vázquez, F. M. & D. Peral (1999). Documentos y plantas de la medicina popular extremeña desde 1867 hasta 1998. *Resvist. Est. Extremeños*. Vol. 55, 59-92.
- Vázquez, F. M. (2005). Especies vegetales amenazadas de Extremadura: I. Leñosas. En: *Conservación de la naturaleza en Extremadura* Ed: J. M. López. Junta de Extremadura.
- Velasco-Negueruela, A. V. & M. J. Pérez Alonso (1985). Essential oils of Iberian Thymes. Chemotypes in the *Thymus zygis* group. *Anales de Bromatología*. Vol. 36 (2), 301-308.

2. SISTEMÁTICA

- [Velasco Negeruela, A., Pérez Alonso \(1990\)](#). New data on the chemical composition of essential oils from Iberian thyme species. *Botanica Complutensis*. Vol. 16, 91-97.

- [Wiesner, I. & J. Novak \(1984\)](#). Investigation of chemotypes of *Thymus polegioides* aggr. *Sbornik Vysoke Skoly Zemedelske v Praze. A*, Vol. 41, 45-58.

- [Willdenow, C. L. \(1809\)](#). Enumeration Plant. Hort. Berolensis. Berolini.

- [Willkomm, M. \(1864\)](#). *Thymus* L. In: M. Willkomm & J. Lange *Prodromus Florae Hispanica*. Sturgart.

CAPÍTULO 3.
CAPACIDAD GERMINATIVA

3.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se ha puesto de manifiesto en el capítulo anterior, los géneros *Thymus* y *Thymbra* son interesantes desde el punto de vista reproductivo, taxonómico, ecológico, corológico o aplicado. Para abordar su conocimiento desde cualquiera de estas perspectivas, resulta muy útil poseer información acerca de la capacidad germinativa de las especies.

El correcto almacenamiento de semillas es necesario para conservar los recursos genéticos para su posterior utilización agronómica o para la conservación *ex situ* en los Bancos de Semillas. (Kretschmer, 1989; Caixinhas, 1993). En el contexto del uso potencial de las plantas aromáticas como cultivo alternativo en terrenos marginales, el estudio de la fisiología de la germinación de semillas de tomillos y otras labiadas correctamente almacenadas, ha sido objeto de interés por parte de diversos autores (Thanos, 1993; Thanos, Kadis & Skarou, 1995).

La mayoría de los trabajos publicados sobre este tema se centran en aquellos tomillos que se cultivan por su importancia económica como planta medicinal y culinaria. Tal es el caso de *Th. vulgaris*, procedente de Alemania (Kretschmer, 1989), Japón (Ushitani, 1991; Takano et al., 1993), Suiza (Rey et al, 1993) o EE.UU (Linhart, 1999). Desde una perspectiva biológica, esta especie ha sido posteriormente objeto de diversos estudios de arquitectura floral, procesos reproductivos (Belhassen, et al., 1987; Belhassen, et al, 1989; Belhassen et al, 1990) y bioquímica ecológica (Tarayre et al, 1995).

Cabe mencionar la existencia de información sobre condiciones de germinación de algunos tomillos publicada en el contexto de trabajos más amplios, como los de Erikson, (1998) y Andriyanova et al., (1999), sobre *Th. serpyllum*; los de Morales, (1986) que realizó la revisión taxonómica del género a nivel de la Península Ibérica; los de Vokou & Margaris, (1986), Thanos (1993) y Thanos, Kadis & Skarou, (1995) que estudiaron poblaciones griegas de *Thymbra capitata* o la reciente publicación de Pérez García, (2003), donde tratan, entre otras labiadas, *Th. zygis* y *Th. mastichina*. Las reglas

internacionales de la ISTA, (1999) también aportan datos interesantes en ese sentido (véase Tabla 1).

Las especies objeto de esta Memoria Doctoral, son plantas de gran interés biogeográfico, por ser endemismos ibéricos (*Th. mastichina*, *Th. zygis* subsp. *zygis*, *Th. zygis* subsp. *gracilis*, *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*), ibero-macaronésicos (*Th. caespititius*), plantas mediterráneas de areal en regresión (*Thymbra capitata*), o plantas con un marcado carácter eurosiberiano, y que sólo penetran en la región mediterránea en zonas montañosas o en medios especialmente frescos donde la sequía estival no es demasiado acusada (*Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Th. pulegioides*). Esta razón corológica justifica la importancia del objetivo principal que se plantea en este capítulo, y que consiste concretamente en **aportar información acerca de las condiciones de germinación de las semillas de los taxones ensayados y valorar la influencia del factor térmico en dicho proceso.**

Tabla 1.- Antecedente bibliográficos sobre la capacidad germinativa de los tomillos.

Taxon	Procedencia material	Condiciones de ensayo	% germinación	Autor (año)
<i>Th. vulgaris</i>	Alemania	Varias condiciones de almacenaje	Mejor resultado: 72% a 20°C	Kretschmer (1989)
<i>Th. vulgaris</i>	Japón	Siembra a lo largo de 1 año	Varios	Ushitami (1991)
<i>Th. vulgaris</i>	Japón	Varias	Varios	Takano et al (1993)
<i>Th. vulgaris</i>	Suiza	-----	Altos % de germinación de híbridos	Rey et al (1993)
<i>Th. vulgaris</i>	Francia	Alelopatía de aceites esenciales de diferentes quimiotipos	Varios	Tarayre et al. (1995)
<i>Th. vulgaris</i>	EE.UU	Alelopatía de aceites esenciales de diferentes quimiotipos	Varios	Linhart (1999)
<i>Th. serpyllum</i>	Suecia	18°C día/16°C noche Pretrat. 60, 80 y 100°C, 1-5 min.	Control: 32 % Pretrat: de 41-13 %	Eriksson (1998)
Lamiaceae	-----	20-30°C; 20°C Con o sin preenfriamiento	s.d.	ISTA (1999)
<i>Th. mastichina</i> , <i>Th. vulgaris</i> , <i>Th. zygis</i>	Península Ibérica	15°C. 16-h luz/8-h oscuridad	35-95%, 13-90%, 4-95%.	Pérez García et al. (2003)
<i>Thymbra capitata</i> (sub. <i>Thymus capitatus</i>)	Grecia	Alelopatía de aceites esenciales	Control: 73% Disminución de % por AE	Vokou & Margaris (1986)
<i>Thymbra capitata</i> (sub. <i>Coridothymus capitatus</i>)	Grecia	Varias condicione de iluminación y T ^a	Mejor resultado: 20°C Luz: no def. significativas	Thanos (1993)
<i>Thymbra capitata</i> (sub. <i>Coridothymus capitatus</i>)	Grecia	Alelopatía de aceites esenciales de cálices	Disminución brusca en el % de germinación	Thanos et al. (1995)

3.2. MATERIAL Y MÉTODO

Recolección del material

Se recolectaron núculas (en adelante denominadas semillas para simplificar) de individuos fructificados de *Thymus caespititius*, *Th. mastichina*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, *Th. pulegioides*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, *Thymus zygis* subsp. *gracilis*, *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, *Th. zygis* subsp. *zygis* y de *Thymbra capitata* (Láminas 1) procedentes de las poblaciones naturales que figuran en la Tabla 2.

Las semillas fueron depositadas en bolsas de papel etiquetadas y cerradas. Previamente se limpiaron de impurezas y elementos contaminantes, siendo inspeccionadas bajo observación estereoscópica (20 aumentos) al objeto de eliminar aquellas semillas sospechosas de inviabilidad. Posteriormente se conservaron durante 4-6 meses en condiciones de oscuridad y a temperatura ambiente del laboratorio (22-28°C).

Tabla 2. Procedencia del material estudiado. Se indica provincia, localidad, coordenadas UTM, tipo de hábitat, clima (vd. Rivas-Martínez, 1987; Tormo et al., 1995), fecha de recolección, legit, número de recolección, y peso de una semilla calculado sobre una muestra de 2 réplicas de 100 semillas cada una. Testimonios en el Herbario HSS (Badajoz, España).

<p><i>Thymus caespitius</i> -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales, enebrales y rebollares. Supramediterráneo. 5/08/2003 6/03. J. Blanco & D. García nº 6/03. 15x10-2 mg. -Cáceres: Robledillo de Gata. Puerto Viejo. 29TQE16. Brezales, enebrales y Rebollares. Supramediterráneo 5/08/2003. J. Blanco & D. García. nº 7/03. 8.5x10-2mg.</p> <p><i>Thymus mastichina</i> -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 7/08/2002. J. Blanco & D. Martín. nº 9/02. 23.5x10-2mg. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adeshado sobre pendiente. Mesomediterráneo. 12/08/2002. J. Blanco & D. Martín nº 11/02. 26.5x10-2 mg. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral dominado por coscojas sobre suelo afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 24/8/2002. J. Blanco. nº 15/02. 26.10-2 mg. -Cáceres: Cáceres. El Portancho. 29SQD27. Entre olivares más o menos abandonados. Mesomediterráneo. 3/9/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 16/02. 25x10-2 mg. -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adeshado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 6/09/2002. J. Blanco & D. Martín. nº 17/02. 25x10-2 mg. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar. Mesomediterráneo. 6/09/2002. J. Blanco & D. Martín. nº 18/02. 21x10-2 mr. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Supramediterráneo . 11/09/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 21/02. 32x10-2 mg. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Alcornocal adeshado. Mesomediterráneo. 3/09/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 22/02. 21.5x10-2 mg. -Badajoz: Fuente del Maestre. Sierra de San Jorge. 29SQC26. Matorral sobre sustrato básico. Mesomediterráneo. 7/08/2003. J. Barrantes & J. Blanco. nº 10/03. 24x10-2 mg. -Cáceres: Alía. . 30SU106. Encinar adeshado. Mesomediterráneo. 8/08/2003. J. Barrantes & J. Blanco. nº 11/03. 27x10-2 mg. -Badajoz: Benquerencia de la Serena. 30STH88. Márgenes de olivares y carrateras. Mesomediterráneo. 13/08/2003. J. Barrantes & J. Blanco. nº 12/03. 24x10-2 mg. -Badajoz: Bienvenida. 29SQC44. Olivar. Mesomediterráneo. 13/08/2003. J. Blanco. nº 13/03. 20x10-2 mg. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales, enebrales y rebollares. Supramediterráneo. 4/09/2003 6/03. J. Blanco & D. García nº 14/03. 20x10-2 mg.</p> <p><i>Thymbra capitata</i> -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera y explotación porcina. Mesomediterráneo. 6/09/2002. J. Blanco & D. Martín. nº 33/02. 30.5x10-2 mg.</p>	<p><i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyalarensis</i> -Cáceres: El Calvitero. 30TTK. Supramediterráneo. 27/08/2003. J. Blanco & D. García. Nº 15/03. 15x10-2 mg.</p> <p><i>Thymus pulegioides</i> -Cáceres: Piornal. 30STK54. Proximidades a riachuelo. Supramediterráneo. 11/09/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 19/02. 10x10-2 mg -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Melojor y pinar de repoblación. Supramediterráneo. 11/09/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 20/02. 10x 10-2 mg.</p> <p><i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i> -Cáceres: Alía. Próximo a río Guadarranque. 30SUJ16. Márgenes de camino. Mesomediterráneo. 8/08/2003. J. Barrantes & J. Blanco. nº 16/03. 15x10-2 mg.</p> <p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral dominado por coscojas sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 21/8/2002. J. Blanco. nº 14/02. 13x10-2 mg.</p> <p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>syvestris</i> -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 7/08/2002. J. Blanco & D. Martín. nº 8/02. 22.5x10-2 mg. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera . Mesomediterráneo. 12/08/2002. J. Blanco & D. Martín. Nº 10/02. 19.5x10-2 mg. -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 14/08/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 12/02. 10.5x10-2 mg. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 14/08/2002. J. Blanco & J. Pozo. nº 13/02. 11.5x10-2 mg -Badajoz: Cabeza del Buey. 30SUH08. Ladera próxima a embalse. Mesomediterráneo. 6/06/2003. 8/03. 21.5x10-2 mg.</p> <p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i> -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Supramediterráneo. 7/08/2003. J. Barrantes & J. Blanco nº 9/03. 9.5x10-2 mg</p>
--	---

Tests de germinación

Para estudiar la germinación se llevaron a cabo experimentos bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa e iluminación, escogiendo dichas condiciones en función de la consulta previa en la bibliografía disponible sobre estas especies o especies próximas (Vokou & Margaris, 1986; Kretschmer, 1989; Tarayre et al., 1995; Thanos, 1993; Thanos, kadis & Skarou, 1995; ISTA, 1999; Pérez-García, 2003).

Los experimentos de germinación fueron llevados a cabo en un incubador refrigerado de precisión P SELECTA (Modelo Hot-Cold -S), en donde las semillas fueron colocadas en placas de Petri de 8.5 cm de diámetro, sobre un papel de filtro Albert humedecido a saturación con agua destilada. Se estudió el mayor número posible de poblaciones por taxon. De cada población se hicieron 4 réplicas con 50 semillas cada una, como sugiere la normativa de la ISTA, (1999). Por el mismo motivo se eligió como duración de los experimentos de 21 días. Se consideraron germinadas aquellas semillas que habían originado una radícula de al menos 0.75 mm de longitud, efectuándose a diario el recuento y la retirada de las semillas germinadas.

Las muestras de semillas utilizadas como control (C) fueron inducidas a germinar bajo unas condiciones de temperaturas alternas 6 horas a 20°C, y a continuación 18 horas a 30° C. Paralelamente se prepararon lotes idénticos de semillas, a las que se aplicó un pretratamiento (T) que consistió en mantenerlas durante 7 días a un enfriamiento de 10-12° C. Todos los experimentos se realizaron en oscuridad y a una humedad relativa del 40-60 %.

Evaluación de la germinación

Con los datos obtenidos se construyeron las correspondientes curvas de germinación, y se calcularon como parámetros indicativos de la germinación el porcentaje de germinación y el Índice de Vigor (Iv) , parámetro, éste último, que

cuantifica la velocidad germinativa y que se calcula en base a la expresión: $Iv = (a/1 + b/2 + c/3 + \dots + z/n) \times 100/s$; donde a, b, c, . . . z, es el número de semillas que germinan cada día; n es el número de días que dura el experimento y s el número de semillas sembradas (Jain & Saha, 1971).

Con los porcentajes de germinación (%) se evaluó la germinabilidad utilizando las categorías de Devesa, Ruíz & Rodríguez (1998). Estas son: germinabilidad *nula* (0 %), *baja* ($0 < \% < 30$), *moderada* ($30 \leq \% \leq 70$), *alta* ($70 < \% < 100$) y *máxima* (100 %).

Con los Iv, se evaluó la velocidad de germinación, utilizando las categorías de (Cabello, Ruíz & Devesa, 1998): *lenta* ($0 \leq Iv < 5$), *mediana* ($5 \leq Iv \leq 11.11$), *rápida* ($11.11 < Iv \leq 33.33$) y *muy rápida* ($33.33 < Iv \leq 100$).

Peso de las semillas

Para hallar el peso de una semilla se hicieron dos réplicas de 100 semillas cada una para cada población. Dichos valores fueron divididos entre 100 y, posteriormente se hizo la media entre los resultados obtenidos para las dos réplicas (Tabla 2).

Análisis estadísticos

Con el paquete estadístico SPSS 11.0 para Windows, se evaluaron las diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos, tanto para el porcentaje de germinación, como para el Índice de vigor (Iv). Los test de contrastes realizados han sido de tipo no paramétricos porque las variables no se ajustan a una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov). Para conocer las diferencias entre especies y entre poblaciones dentro de una misma especie, se utilizaron los tests de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Para comparar las posibles diferencias entre las semillas control (C) y pretratadas (T) se aplicó el test de Wilcoxon (Zar, 1996).

Adicionalmente se evaluó la posible correlación existente entre el porcentaje de germinación y el peso de las semillas, para lo cual se aplicó el test de Spearman.

3.3. RESULTADOS

Tests de germinación

A partir de los datos de germinación de periodo experimental (8.1 Anexo en CD) se construyó la Tabla 3 que recoge los resultados obtenidos para los casos estudiados. Respecto al porcentaje de germinación, en *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* se alcanzó un porcentaje del 79 % en las semillas control (C) y un 88 % en las pretratadas (T), es decir, una germinabilidad *alta* según la clasificación de Devesa, Ruiz & Rodríguez, (1998). *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* del 35 % en las semillas control (C) y 47 % en las pretratadas (T), que se corresponde con una germinabilidad *moderada* para ambos casos. En *Th. caespititius* los porcentajes fueron 0 al 11 % en las control (C) y 1 al 8 % en las pretratadas, lo que implica germinabilidades *nulas o bajas*. Para *Th. pulegioides* se obtuvieron porcentajes de 2 al 41 % en las semillas control (C) y del 2 al 27 % en las pretratadas (T) , por lo tanto germinabilidades *bajas o moderadas*. *Th. zygis* obtuvo porcentajes de germinación del 2 al 68 % en las semillas control (C) y del 7 al 74 % en las pretratadas (T), lo que supone unas germinabilidades *bajas, moderadas y altas*. Respecto a *Th. mastichina* el porcentaje se situó entre 59 y 92 % en las semillas control (C) y entre 65 y 98 % en las pretratadas (T), lo que equivale a germinabilidades *moderadas y altas* para ambos casos. Por último, respecto a los resultados obtenidos para *Thymbra capitata* se dio un porcentaje del 92 % en las semillas control (C) y del 86 % en las pretratadas (T), lo cual corresponde a germinabilidades *altas* para ambos experimentos.

3.3. RESULTADOS

Tabla 3. Porcentajes de germinación e Índices de Vigor (Iv, entre paréntesis), obtenidos en las diferentes réplicas de los experimentos con semillas control (C) y pretratadas (T).

	<i>Thymra capitata</i>		<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyaltarensis</i>		<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lustranicus</i>		<i>Thymus caespitosus</i>				<i>Thymus pulegioides</i>			
	Villafranca		El Calvitero		Alia		Descarga.		Robledillo		Piornal		La Garganta	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Réplica 1	100 (21.58)	82 (17.80)	78 (20.28)	76 (17.44)	36 (9.25)	46 (10.48)	6 (0.66)	12 (1.53)	0 (0.00)	2 (0.33)	2 (0.40)	0 (0.00)	50 (10.76)	24 (5.21)
Réplica 2	94 (19.78)	86 (16.26)	82 (19.70)	94 (23.75)	18 (4.89)	44 (9.72)	24 (3.06)	14 (1.71)	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (0.83)	2 (0.40)	26 (4.14)	30 (4.71)
Réplica 3	90 (18.87)	90 (19.44)	84 (18.88)	84 (19.29)	38 (9.71)	48 (11.89)	2 (0.18)	6 (1.04)	0 (0.00)	2 (0.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	34 (7.69)	24 (4.62)
Réplica 4	84 (16.03)	86 (19.62)	72 (18.88)	98 (23.72)	48 (12.23)	48 (11.90)	12 (1.14)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (0.10)	6 (1.00)	52 (7.76)	28 (4.39)
Media	92 (19.07)	86 (18.28)	79 (19.53)	88 (21.05)	35 (9.00)	47 (11.00)	11 (1.26)	8 (1.07)	0 (0.00)	1 (0.17)	2 (0.33)	2 (0.35)	41 (7.58)	27 (4.73)

	<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>syvestris</i>																							
	Santos Maimona		Guadajira		La Albuera		Solana		Cabeza Buey		Los Santos		S. Domingo		Badajoz		Portanchito		Alconera		Villafranca		La Garganta	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Réplica 1	60 (10.48)	72 (15.06)	20 (5.66)	22 (7.36)	12 (3.30)	6 (1.50)	2 (0.67)	2 (1.59)	68 (21.42)	64 (17.89)	80 (19.32)	100 (28.72)	98 (28.18)	80 (24.41)	62 (13.08)	90 (25.20)	82 (23.81)	70 (18.94)	76 (18.97)	78 (17.54)	82 (23.32)	70 (34.32)	82 (28.61)	
Réplica 2	52 (8.42)	58 (11.67)	12 (4.50)	42 (7.98)	2 (0.40)	10 (1.69)	4 (1.00)	4 (1.00)	70 (22.96)	66 (18.71)	82 (15.91)	84 (23.41)	98 (25.40)	60 (14.55)	74 (15.26)	84 (22.39)	88 (22.12)	70 (20.29)	76 (19.53)	78 (16.29)	62 (26.92)	64 (21.26)		
Réplica 3	64 (12.57)	78 (15.13)	20 (6.83)	44 (13.59)	26 (4.56)	32 (7.14)	12 (1.70)	8 (1.49)	72 (16.42)	56 (13.10)	80 (16.18)	84 (21.33)	96 (23.86)	74 (19.33)	66 (11.68)	88 (22.03)	72 (23.41)	58 (16.53)	88 (25.30)	80 (16.62)	82 (39.93)	88 (27.24)		
Réplica 4	70 (12.61)	88 (13.70)	20 (7.00)	30 (9.09)	20 (4.15)	18 (4.10)	4 (0.69)	4 (0.47)	60 (16.64)	54 (16.83)	78 (18.84)	76 (19.76)	98 (32.21)	68 (17.84)	78 (13.68)	84 (26.88)	92 (31.03)	78 (22.12)	84 (18.12)	86 (21.47)	84 (41.53)	64 (20.60)		
Media	62 (11.02)	74 (13.90)	18 (6.00)	35 (9.50)	15 (3.10)	15 (3.31)	7 (1.18)	7 (1.14)	68 (19.36)	60 (16.63)	80 (17.56)	78 (21.65)	98 (27.02)	71 (18.84)	70 (13.42)	91 (26.07)	84 (27.55)	69 (19.47)	81 (20.48)	81 (17.98)	75 (35.67)	75 (24.43)		

	<i>Thymus mastichina</i>											
	Aliseda		F. Maestre		Alia		Benquerencia		Bienvenida		Descarga.	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Réplica 1	62 (13.09)	74 (18.50)	86 (22.63)	88 (26.01)	78 (13.11)	82 (25.38)	96 (18.33)	92 (19.30)	84 (17.10)	80 (18.02)	90 (22.29)	
Réplica 2	56 (12.96)	60 (13.74)	94 (21.39)	92 (29.56)	82 (15.72)	74 (14.56)	88 (23.44)	92 (25.31)	76 (17.14)	72 (18.50)	76 (16.44)	
Réplica 3	54 (11.92)	64 (16.38)	84 (21.24)	84 (25.91)	80 (10.30)	80 (16.58)	95 (25.94)	80 (16.64)	74 (14.29)	64 (18.54)	98 (25.10)	
Réplica 4	64 (13.39)	60 (14.81)	80 (17.98)	78 (24.69)	74 (15.05)	82 (15.45)	86 (18.83)	92 (17.85)	74 (13.16)	68 (16.06)	84 (20.95)	
Media	59 (12.84)	65 (15.86)	86 (20.81)	86 (26.54)	79 (13.54)	80 (16.32)	91 (23.40)	89 (19.53)	77 (17.68)	70 (15.49)	80 (16.16)	87 (21.20)

	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>		<i>Th. zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	
	Badajoz		La Garganta	
	C	T	C	T
Réplica 1	12 (3.57)	38 (8.45)	2 (0.40)	6 (3.00)
Réplica 2	10 (1.88)	26 (4.63)	4 (1.00)	14 (3.88)
Réplica 3	58 (12.00)	38 (7.04)	2 (0.66)	6 (1.73)
Réplica 4	32 (5.43)	66 (12.74)	0 (0.00)	6 (2.12)
Media	28 (5.72)	42 (8.22)	2 (0.52)	8 (2.68)

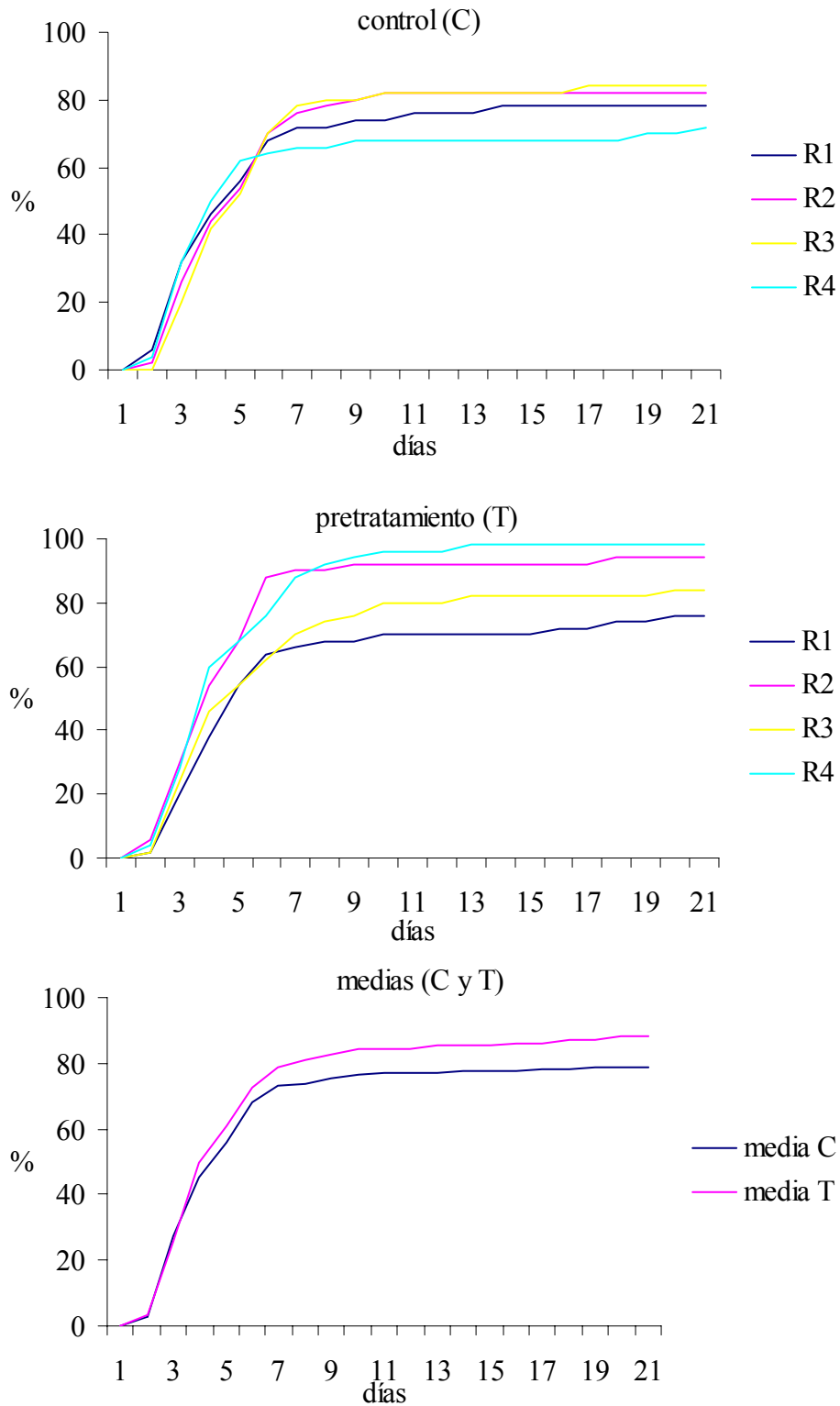
En lo relativo al Índice de Vigor, *Thymus praecox* subsp. *penyalaensis* alcanzó unos valores de 19.53 en las semillas control (C) y 21.05 en las pretratadas (T), lo que implica velocidades *rápidas* según la clasificación de Cabello, Ruiz & Devesa, (1998). *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* de 9.00 en las semillas control (C) y 11.00 en las pretratadas (T), o sea velocidades *medianas*. *Th. caespitius* de 0.00 a 1.26 en las semillas control (C) y 0.17 a 1.26 en las pretratadas (T), es decir velocidades *lenta*. *Th. pulegioides*, de 0.33 a 7.58 en las semillas control (C) y de 0.35 a 4.73 en las pretratadas (T), que corresponden con velocidades *lentas* a *medianas*. *Th. zygis* de 0.52 a 19.36 en las semillas control (C) y de 1.14 a 16.63 en las pretratadas (T), es decir, todo tipo de velocidades a excepción de las *muy rápidas*. *Th. mastichina* de 12.84 a 35.67 en las semillas control (C) y de 13.42 a 26.54 en las pretratadas, por lo tanto, velocidades *rápidas* y *muy rápidas*. Finalmente para *Thymbra capitata* de 19.07 en las semillas control (C) y de 18.28 en las pretratadas (T), que se corresponden en ambos casos a velocidades *rápidas*. Toda esta información se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Categorías de germinabilidad (Devesa, Ruiz & Rodríguez, 1998) y velocidad de germinación (Cabello, Ruiz & Devesa, 1998) (entre paréntesis), obtenidas en los experimentos con semillas control (C) y pretratadas (T).

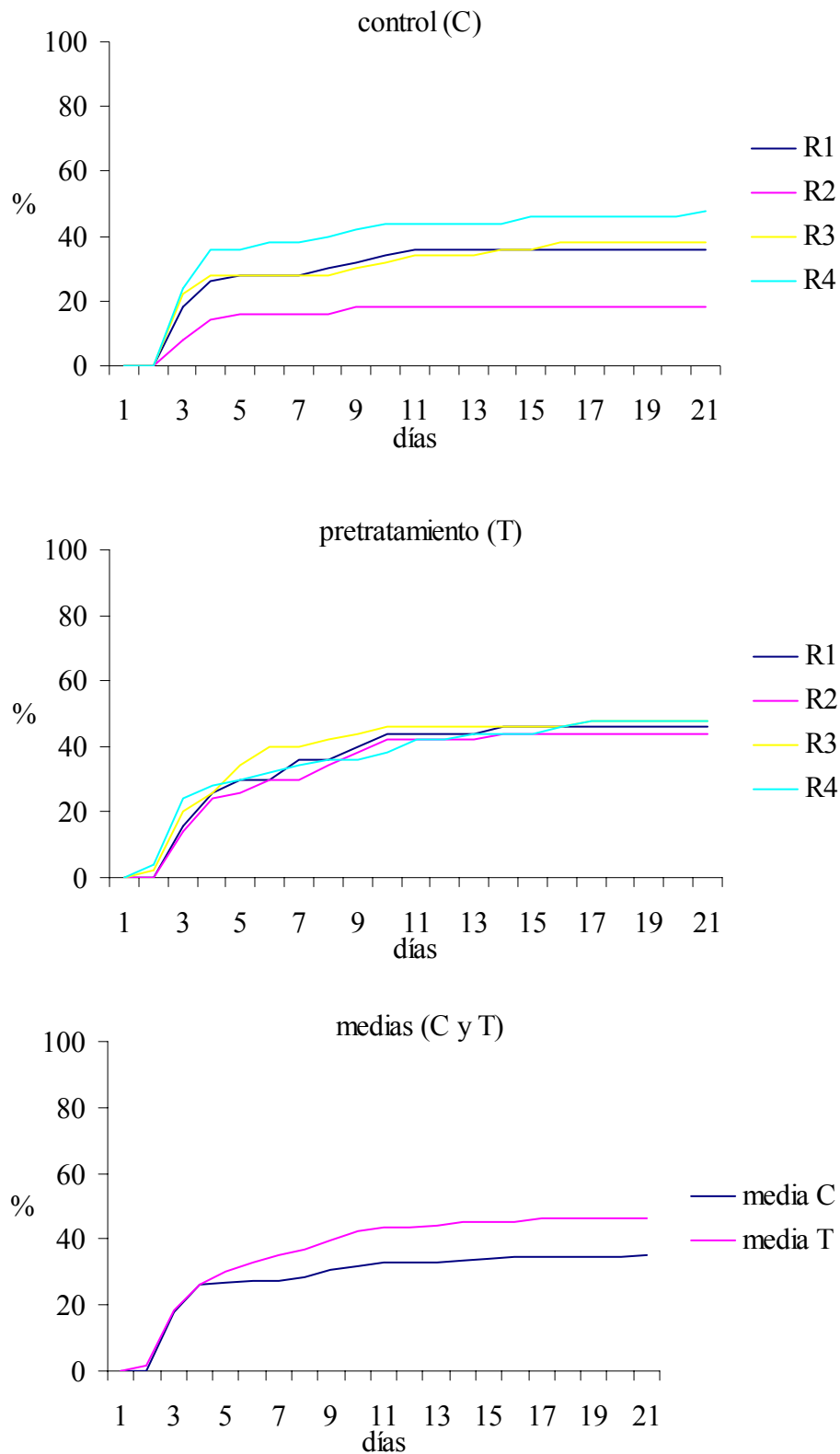
	C	T		C	T
<i>Th. villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i>			<i>Th. mastichina</i>		
Alía	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	Los Santos	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
<i>Th. caespitius</i>			Santo Domingo	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
Descargamaria	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	Badajoz	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)
Robl. de Gata	<i>Nula</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	El Portanchito	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
<i>Th. pulegioides</i>			Alconera	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)
Piornal	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	Villafranca	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
La Garganta	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	La Garganta	<i>Alta</i> (<i>Muy rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>			Aliseda	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)
Los Santos	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	F. del Maestre	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
Guadajira	<i>Baja</i> (<i>Mediana</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	Alía	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
La Albuela	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	Benquerencia	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
Solana	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	Bienvenida	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)
Cabeza del Buey	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Rápida</i>)	Descargamaria	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
<i>Th. zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>			<i>Th. praecox</i> subsp. <i>penyalarensis</i>		
Badajoz	<i>Baja</i> (<i>Mediana</i>)	<i>Moderada</i> (<i>Mediana</i>)	El Calvitero	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)
<i>Th. zygis</i> subsp. <i>zygis</i>			<i>Thymbra</i> <i>capitata</i>		
La Garganta	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	<i>Baja</i> (<i>Lenta</i>)	Villafranca	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)	<i>Alta</i> (<i>Rápida</i>)

Con los datos relativos a la germinación obtenida a lo largo del periodo experimental, se construyeron las curvas de porcentaje acumulado de germinación que aparecen a continuación (Gráficas 1-27).

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

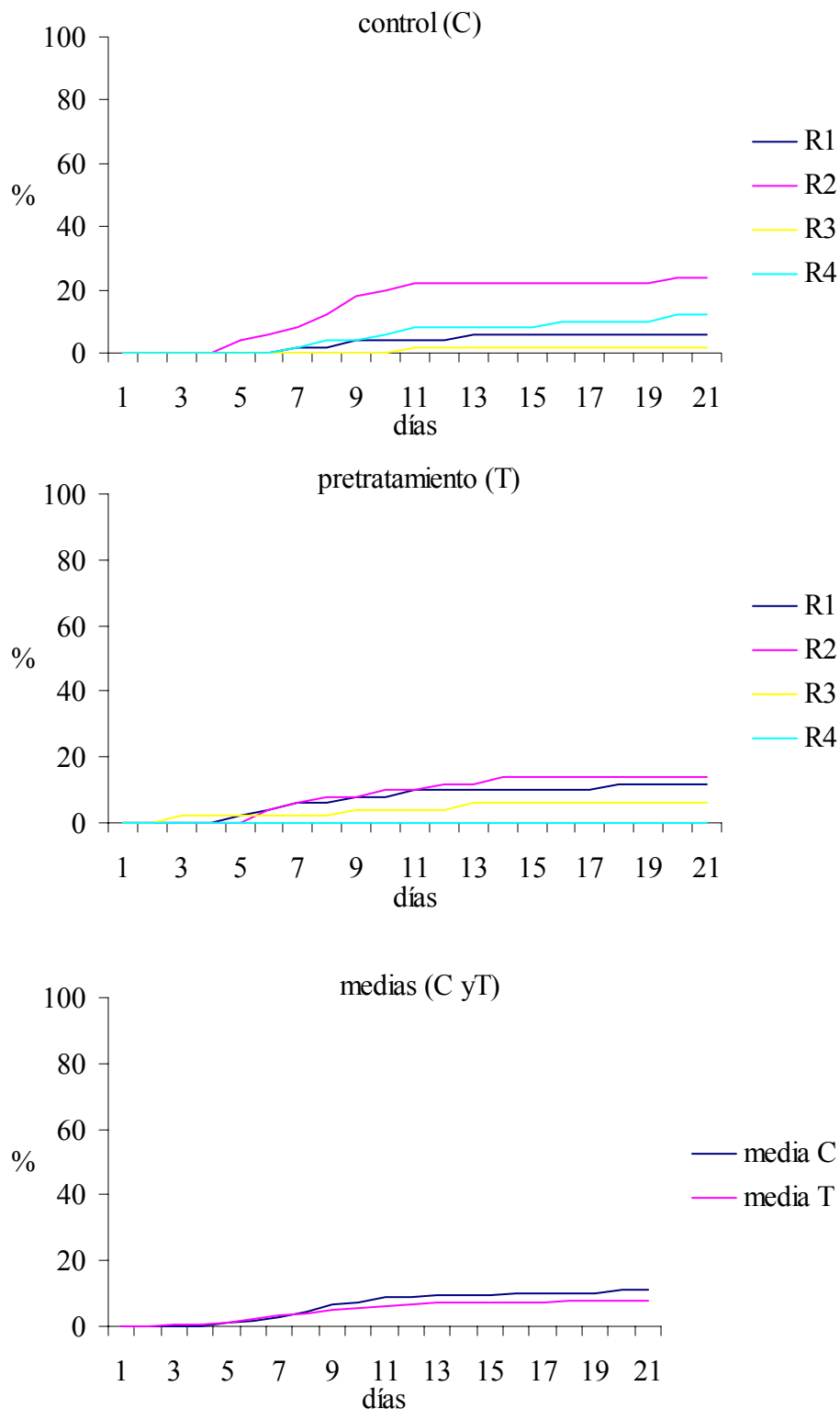


Gráfica 1. Germinación de *Thymus praecox subsp. penyalarensis* (Pau) Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata (El Calvitero). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

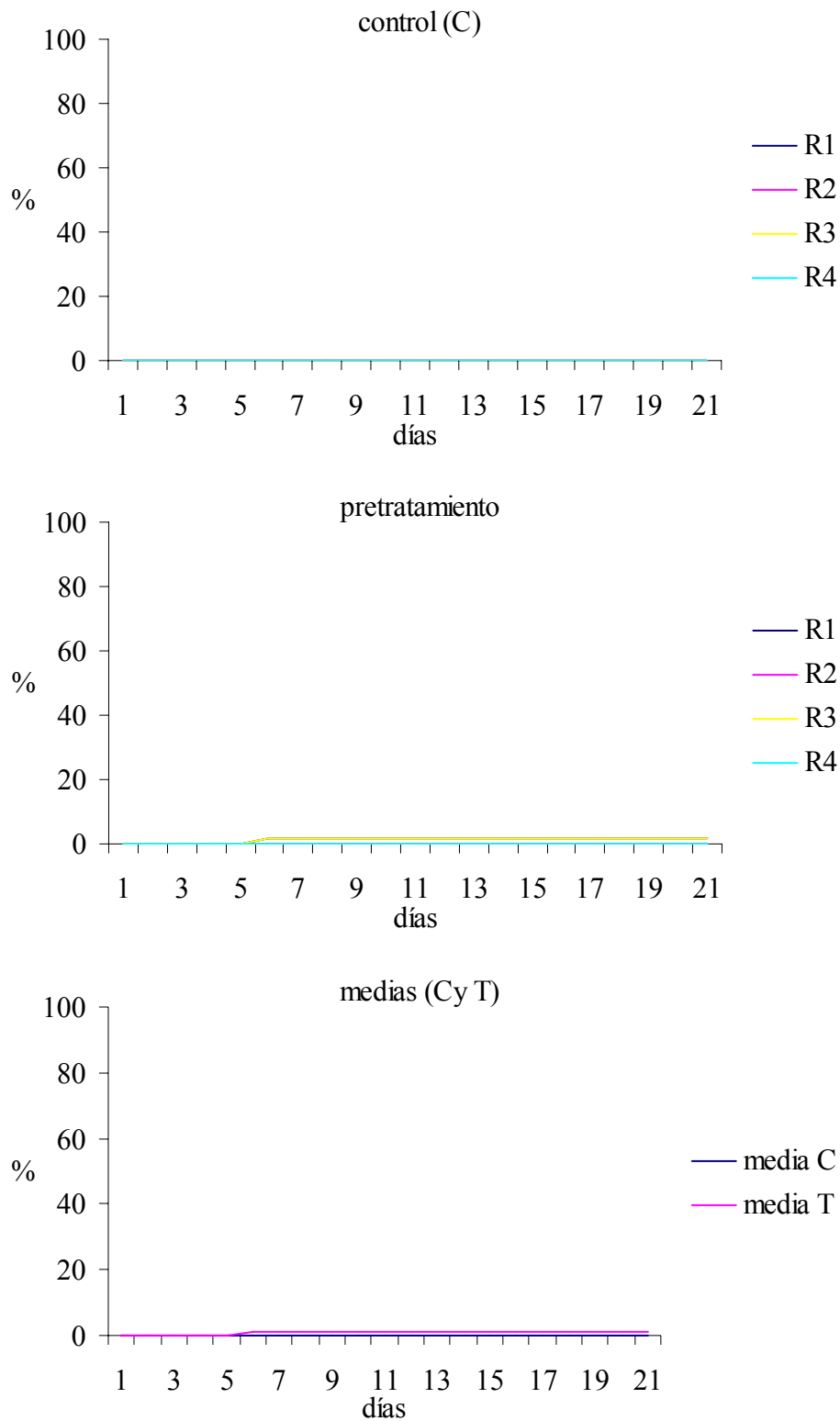


Gráfica 2. Germinación de *Thymus villosus subsp. lusitanicus* (Boiss.)Cotinho. (Alía). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

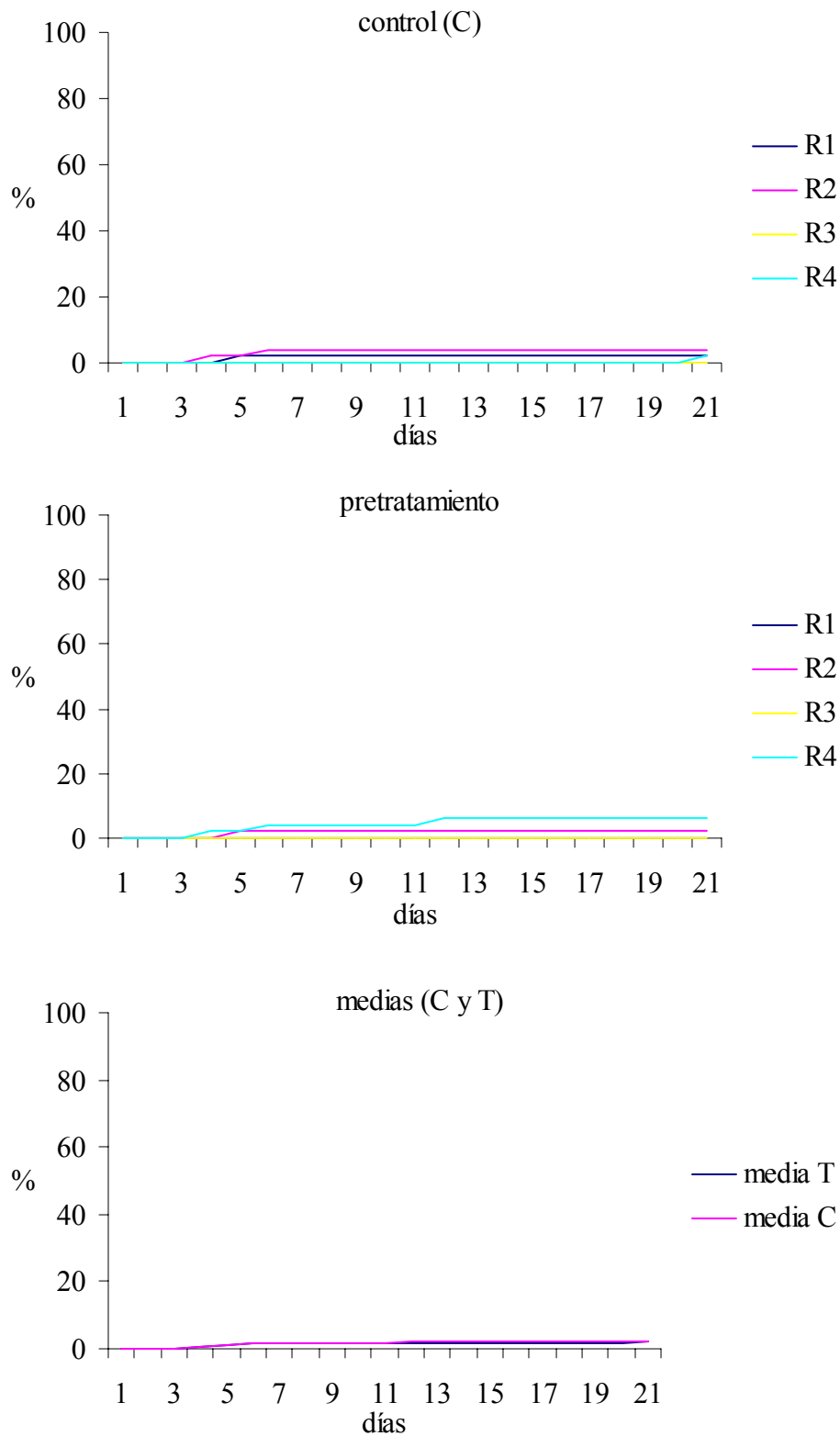


Gráfica 3. Germinación de *Thymus caespitius* Brot. (Descargamaria). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

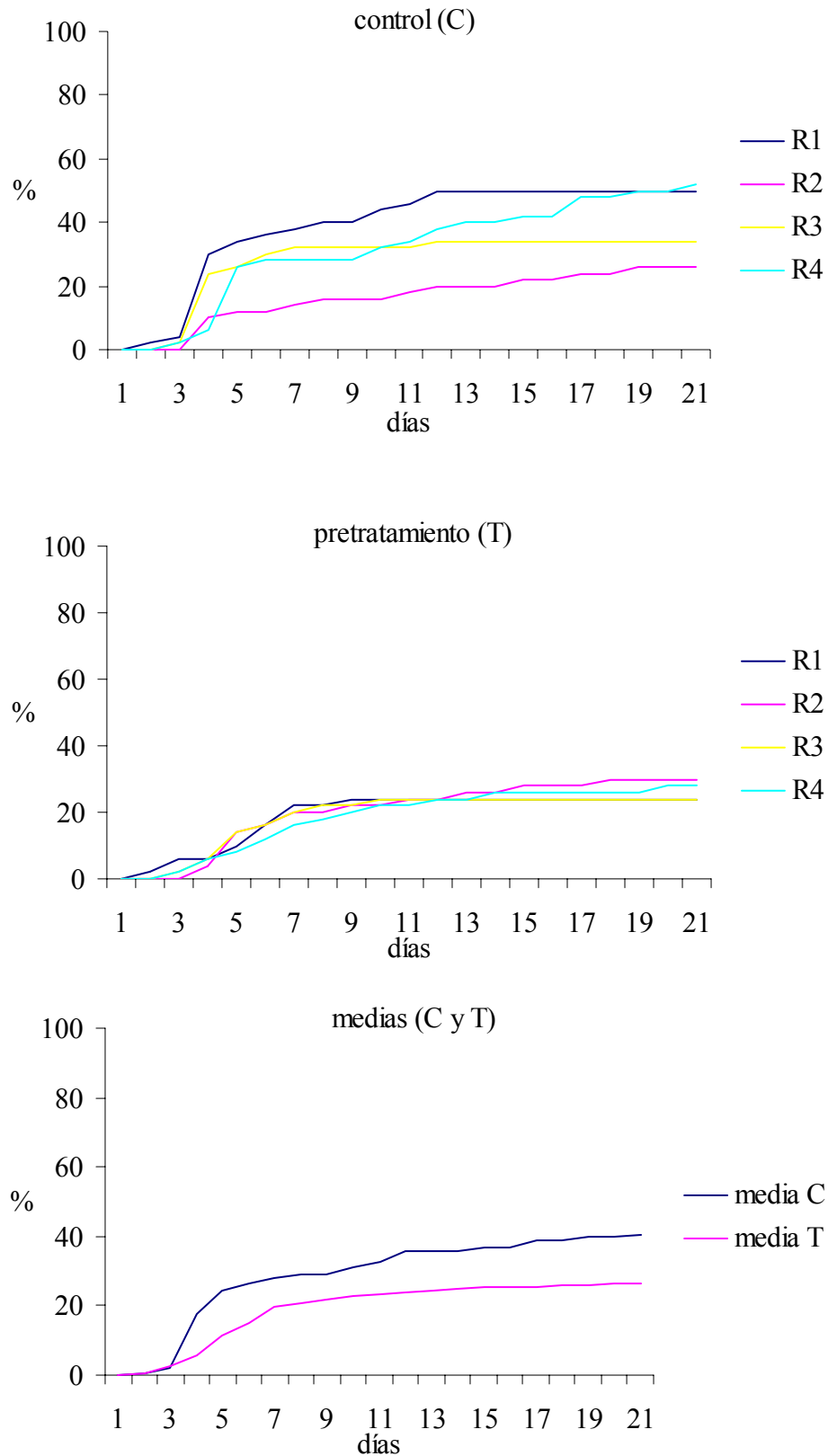


Gráfica 4. Germinación de *Thymus caespitius* Brot.(Robledillo de Gata). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

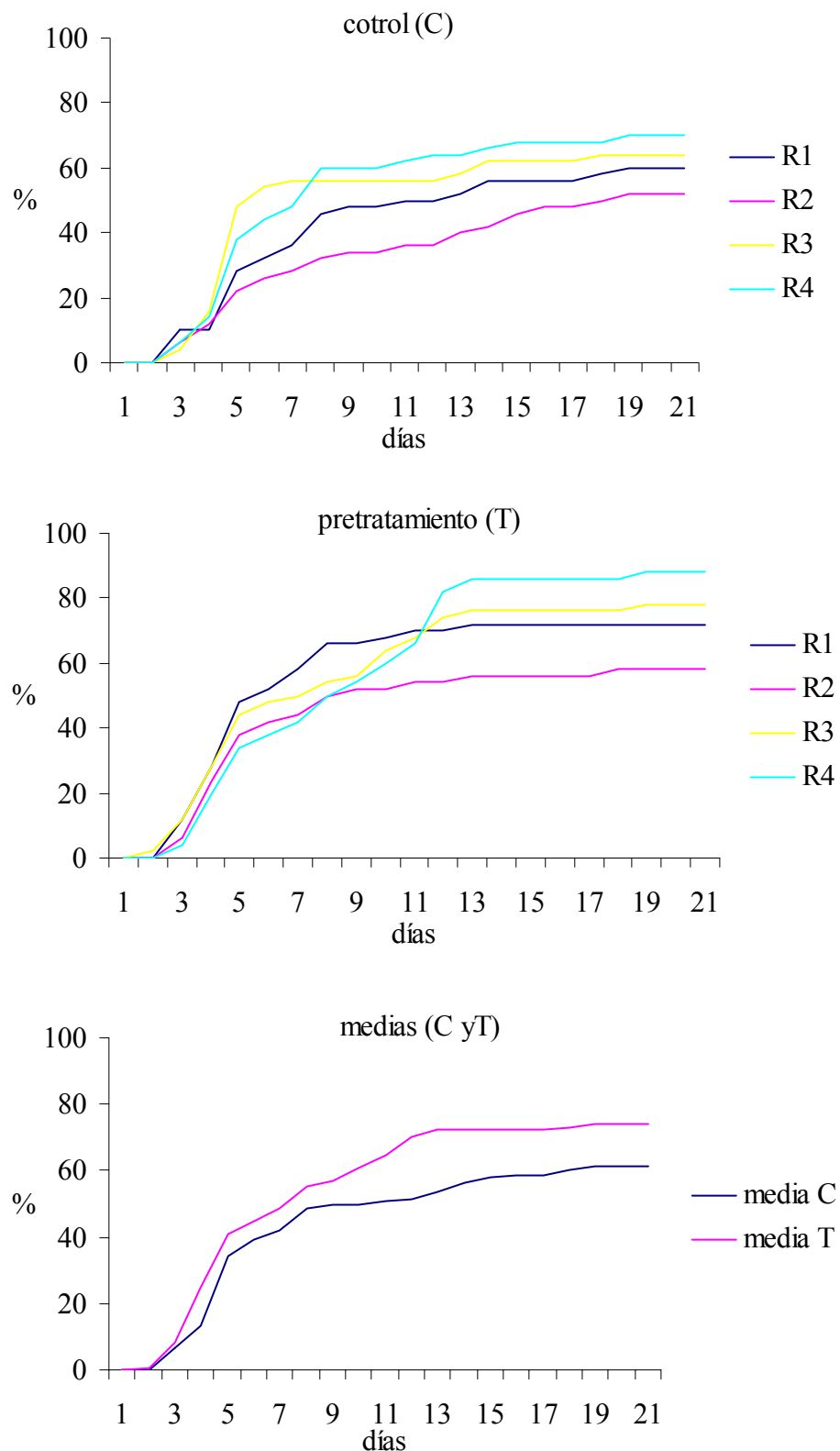


Gráfica 5. Germinación de *Thymus pulegioides* L. (Piornal). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

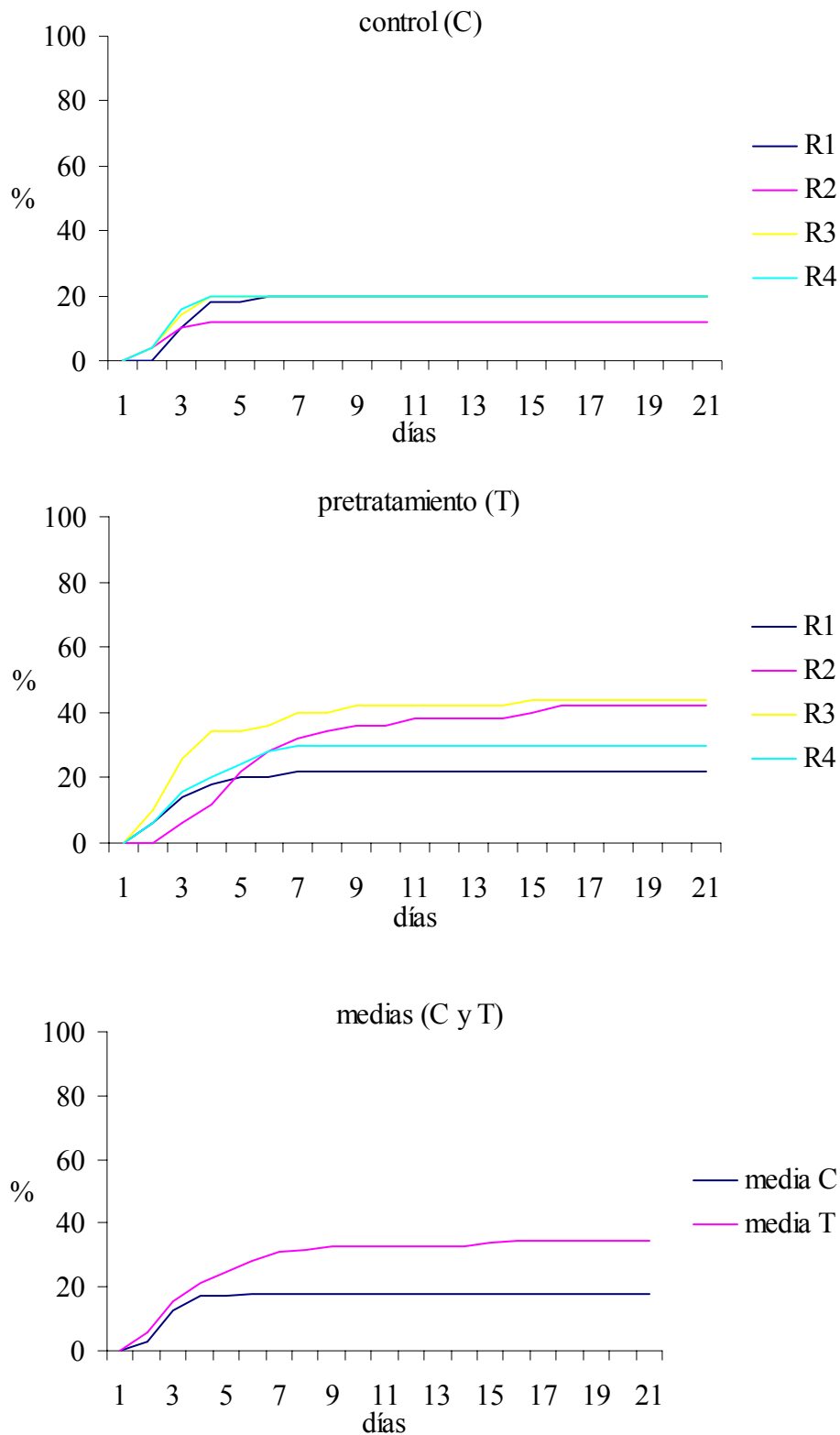


Gráfica 6. Germinación de *Thymus pulegioides* L. (La Garganta). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

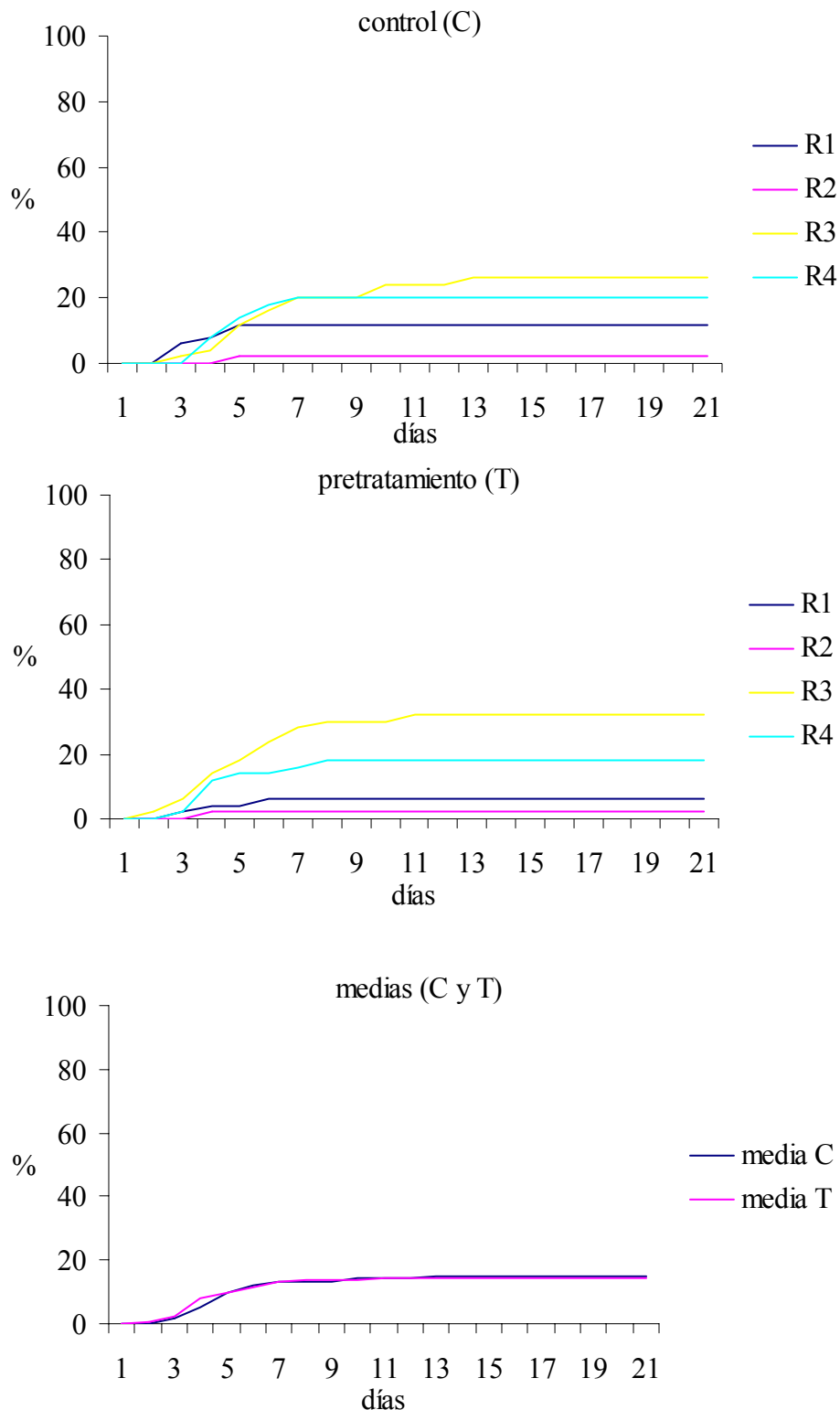


Gráfica 7. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. Ex Coutinho (Los Santos de Maimona). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

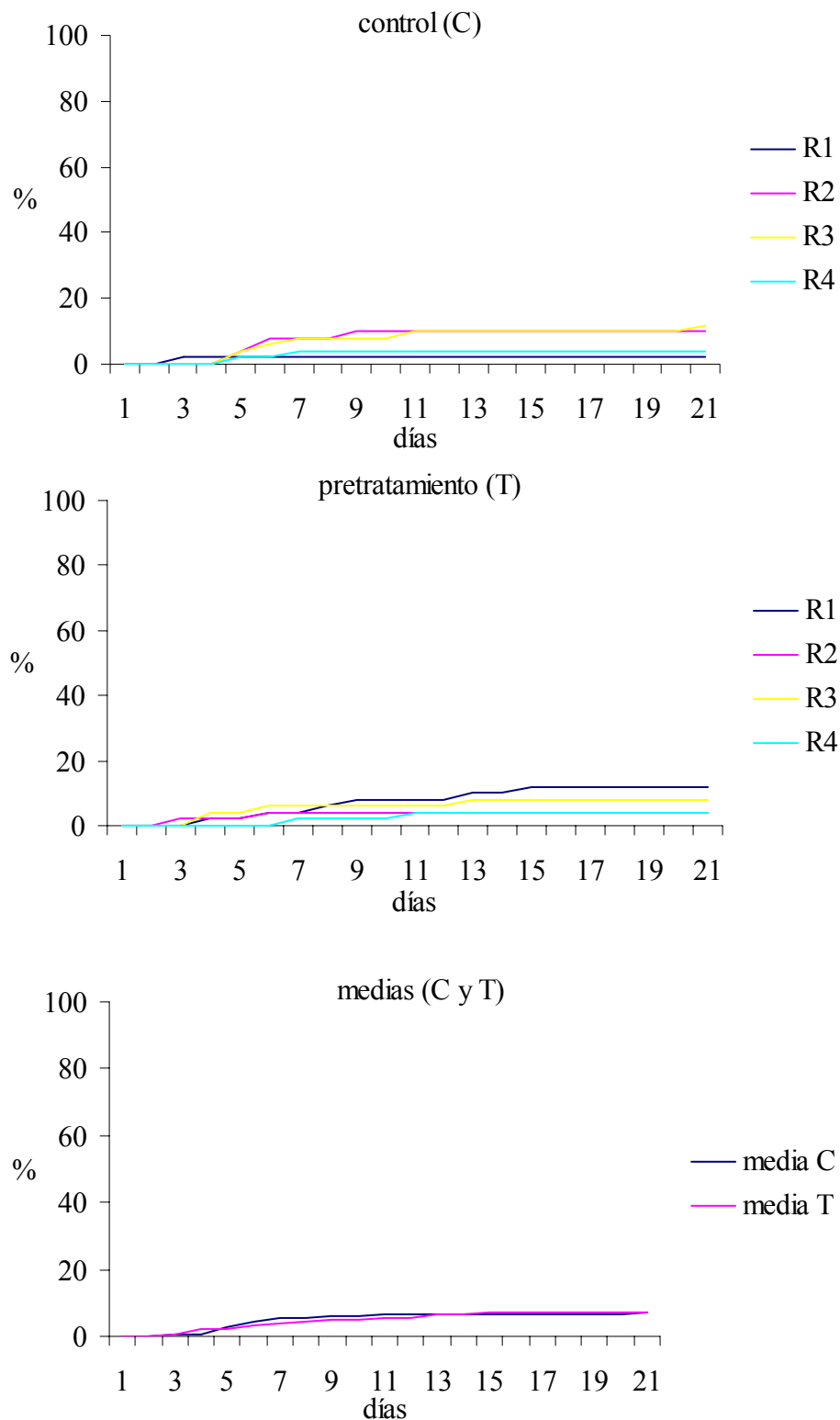


Gráfica 8. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. Ex Coutinho (Guadajira). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

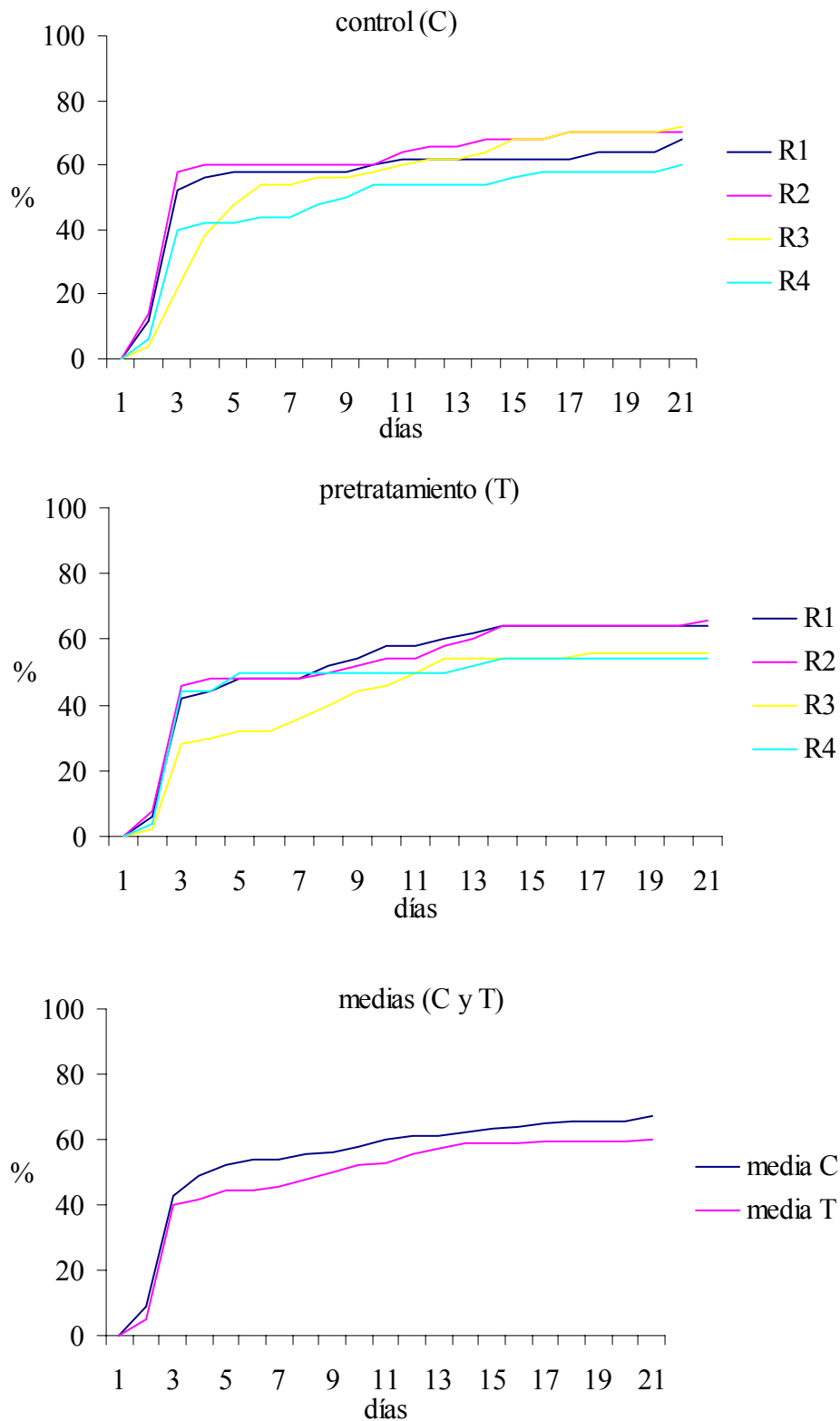


Gráfica 9. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. Ex Coutinho (La Albuera). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

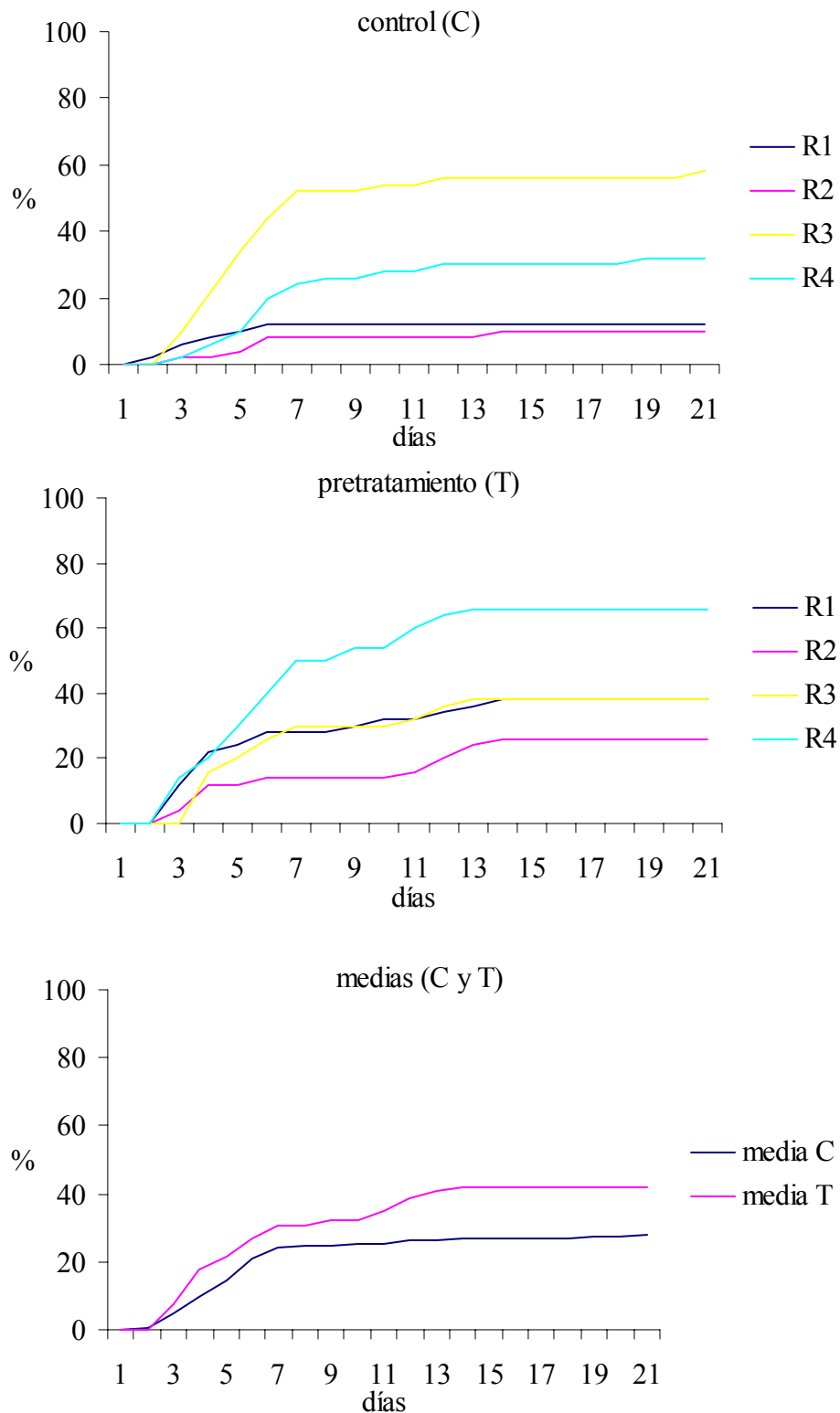


Gráfica 10. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. Ex Coutinho (Solana de los Barros). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

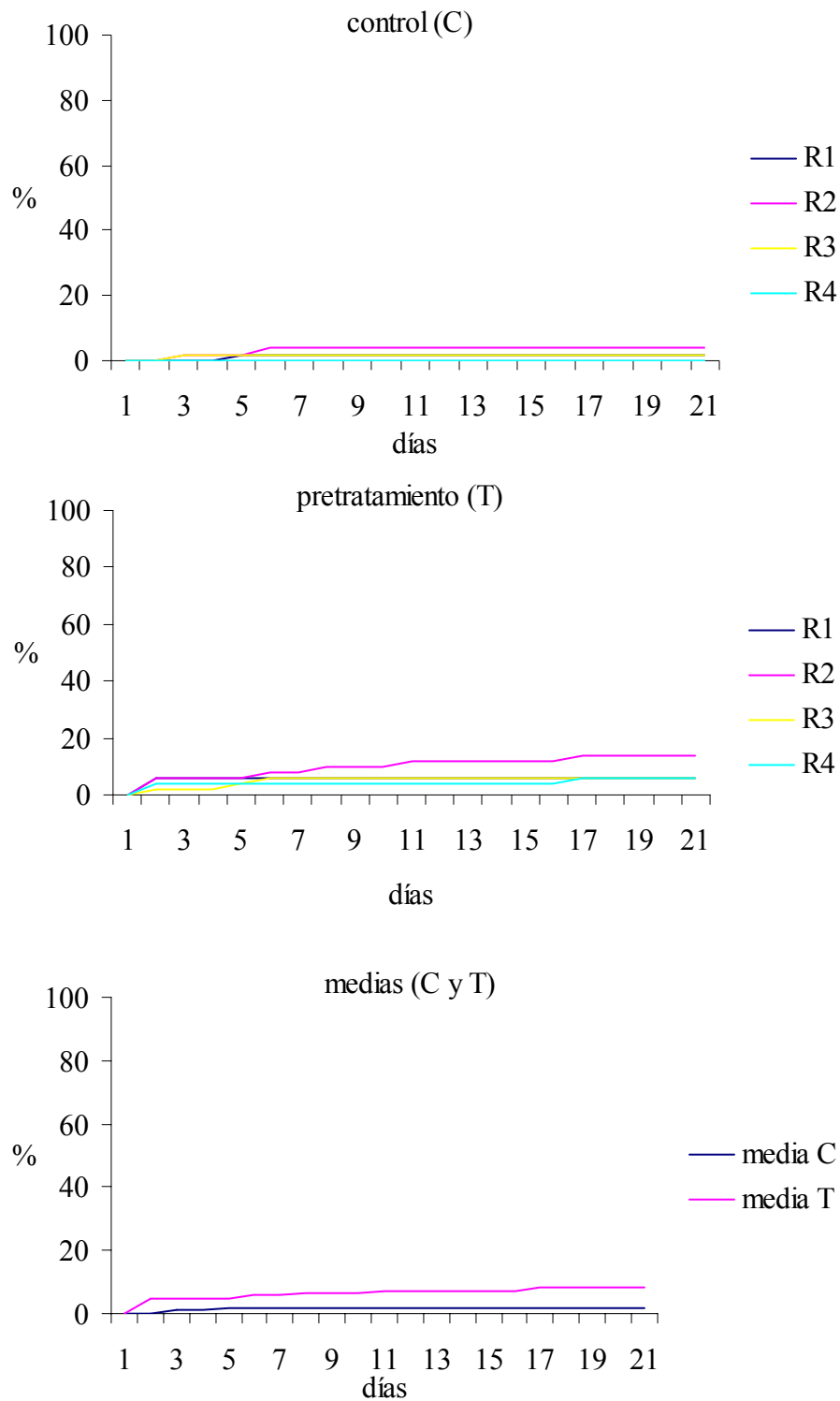


Gráfica 11. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. Ex Coutinho (Cabeza del Buey). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

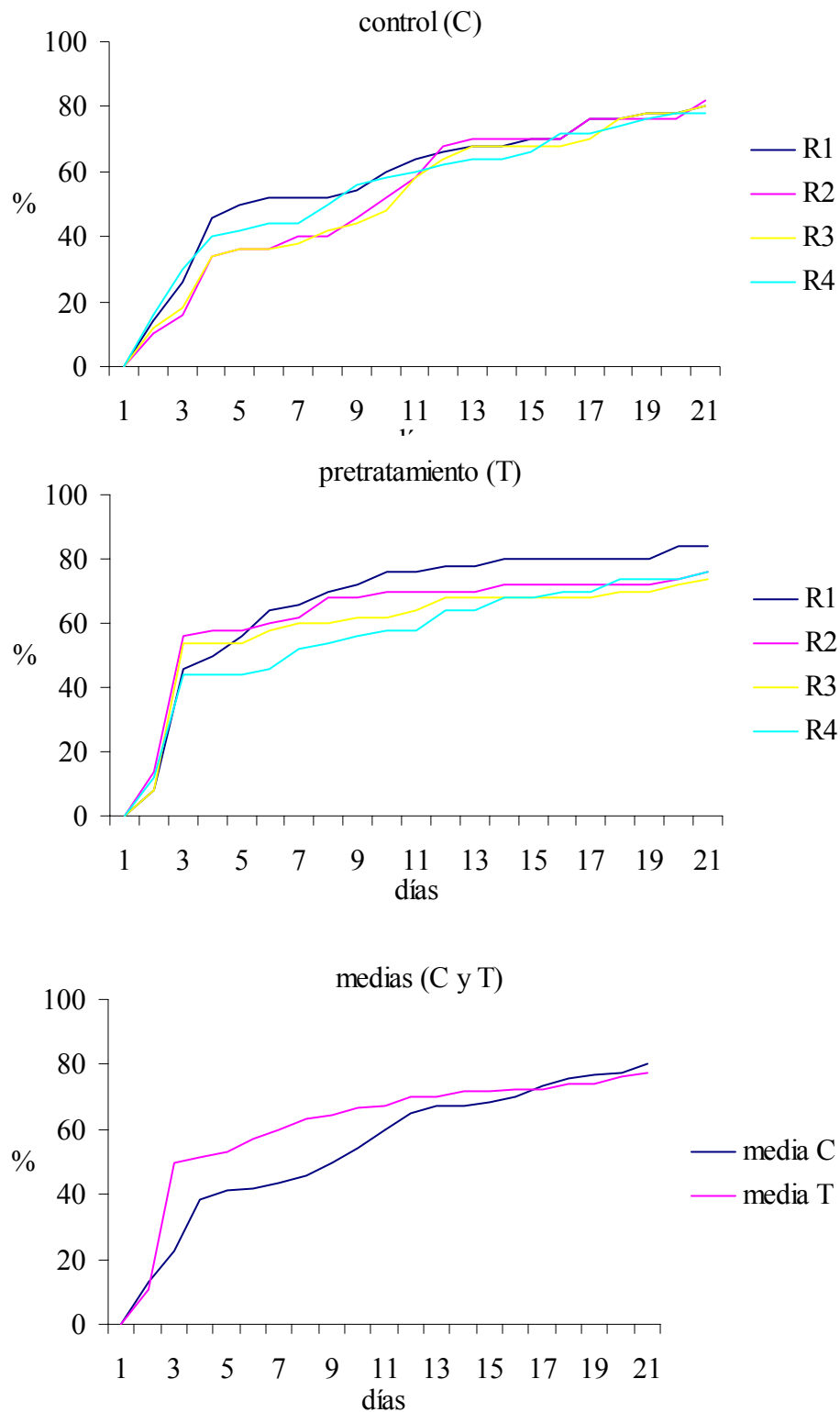


Gráfica 12. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (Boiss) R. Morales (Badajoz). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

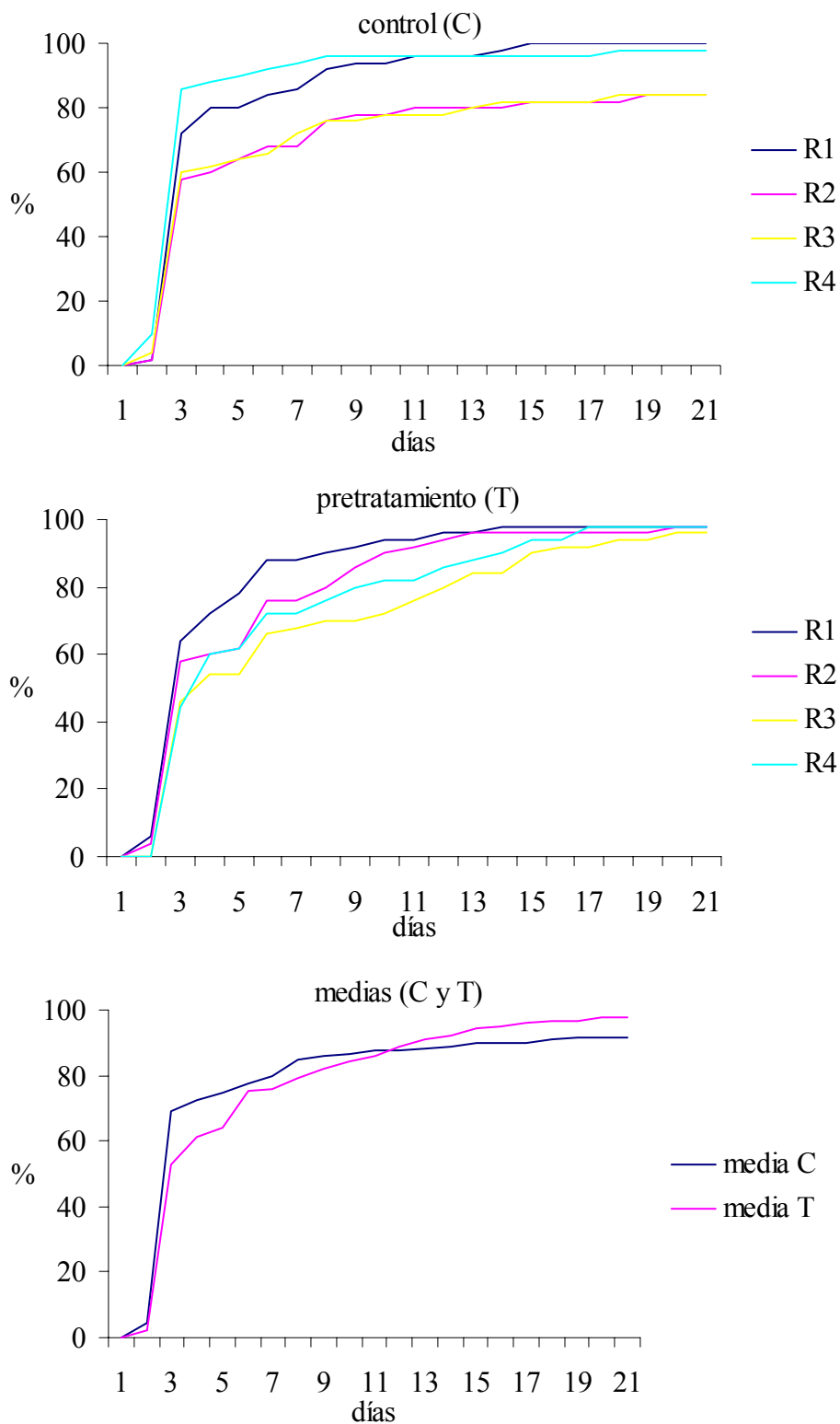


Gráfica 13. Germinación de *Thymus zygis* subsp. *zygis* Loefl. ex L. (La Garganta). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

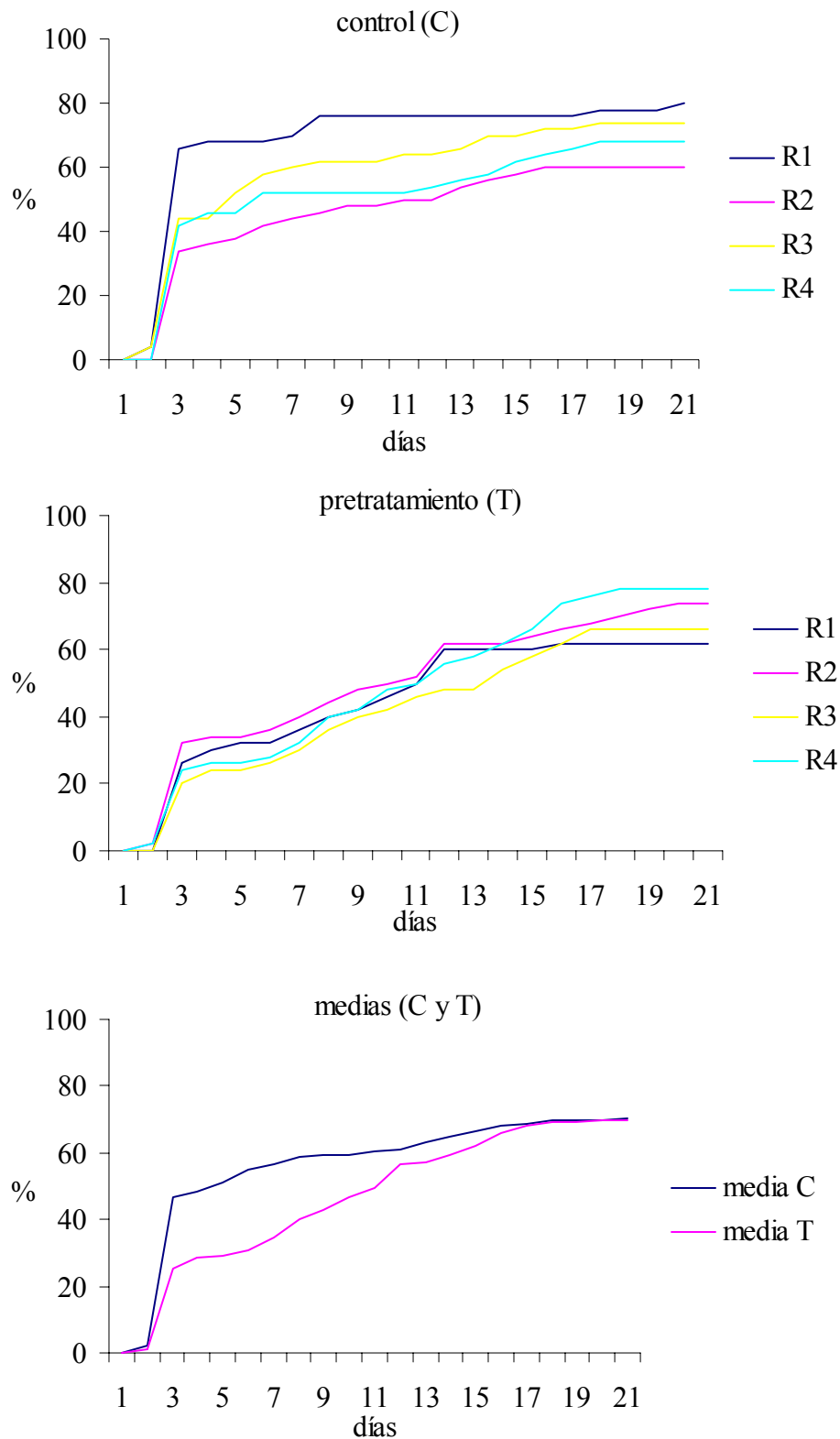


Gráfica 14. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Los Santos de Maimona). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

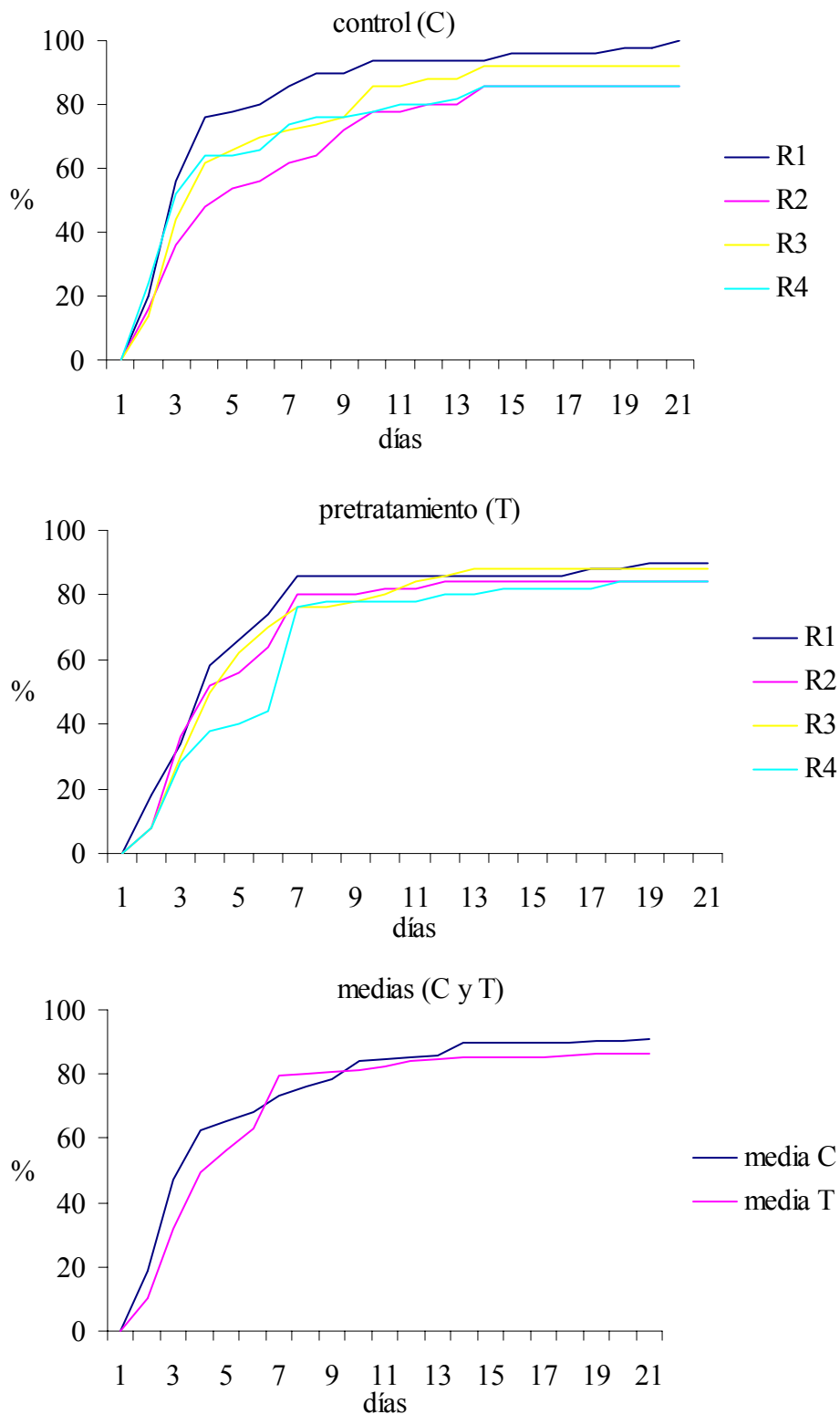


Gráfica 15. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Santo Domingo). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

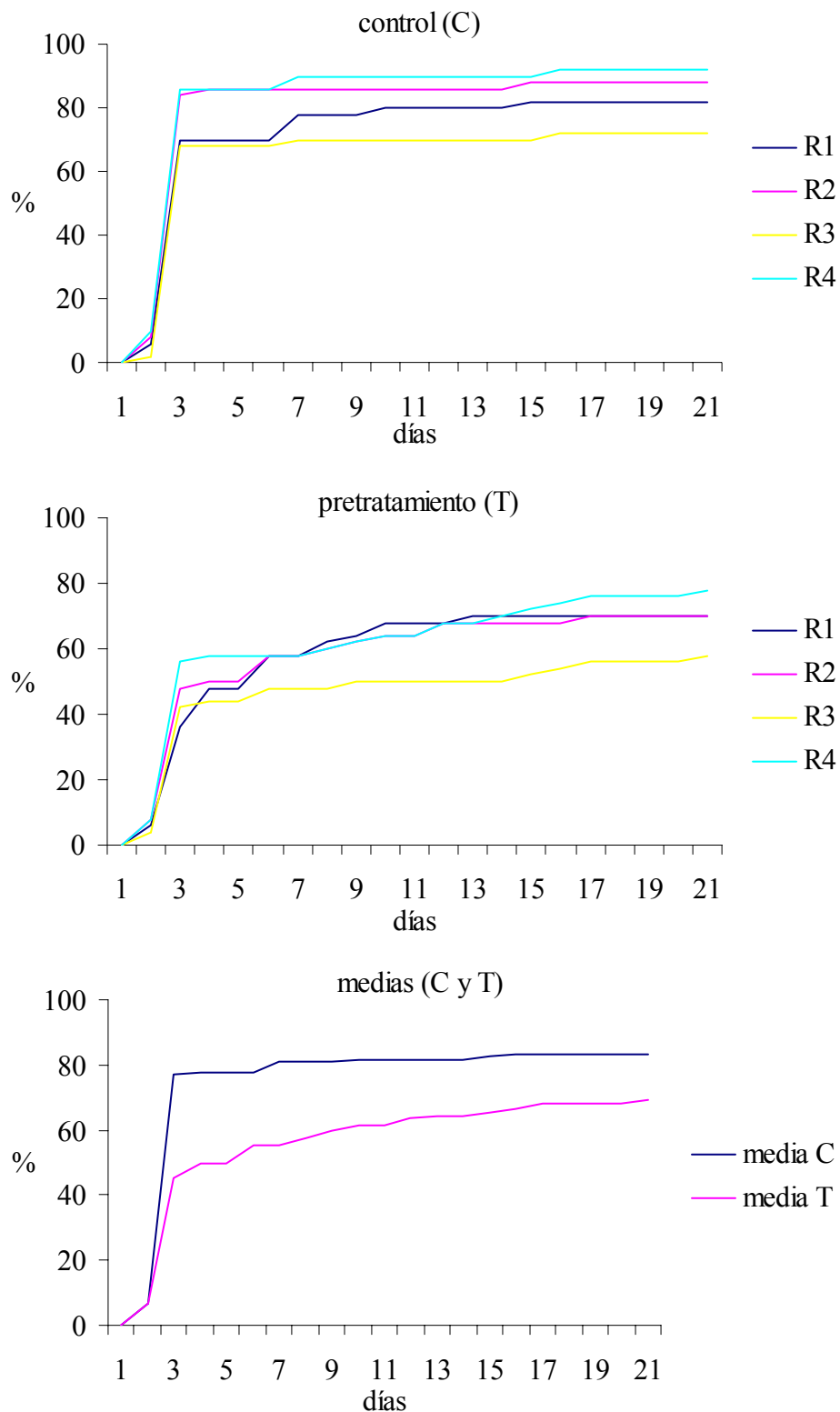


Gráfica 16. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L.. (Badajoz). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

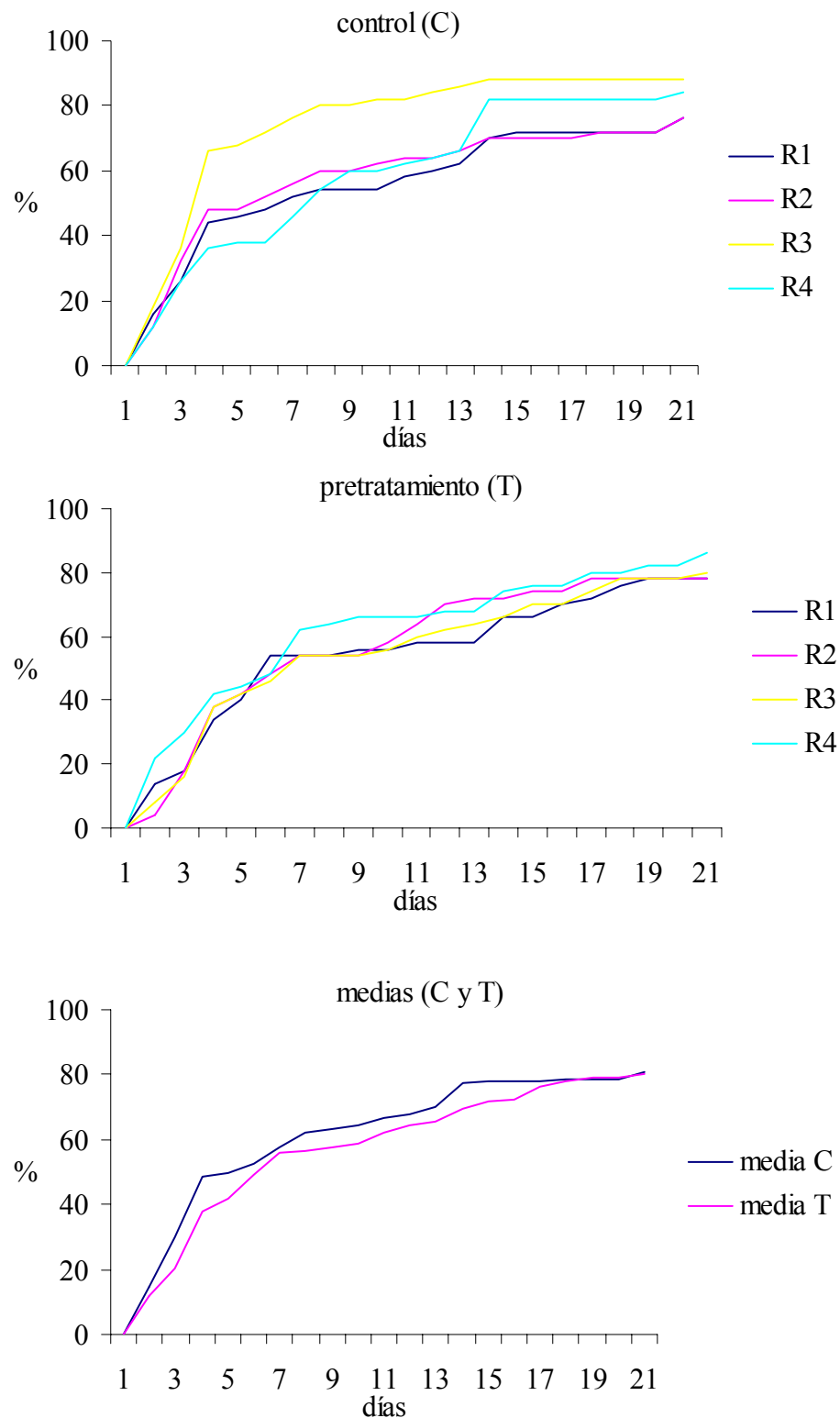


Gráfica 17. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (El Portancho). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

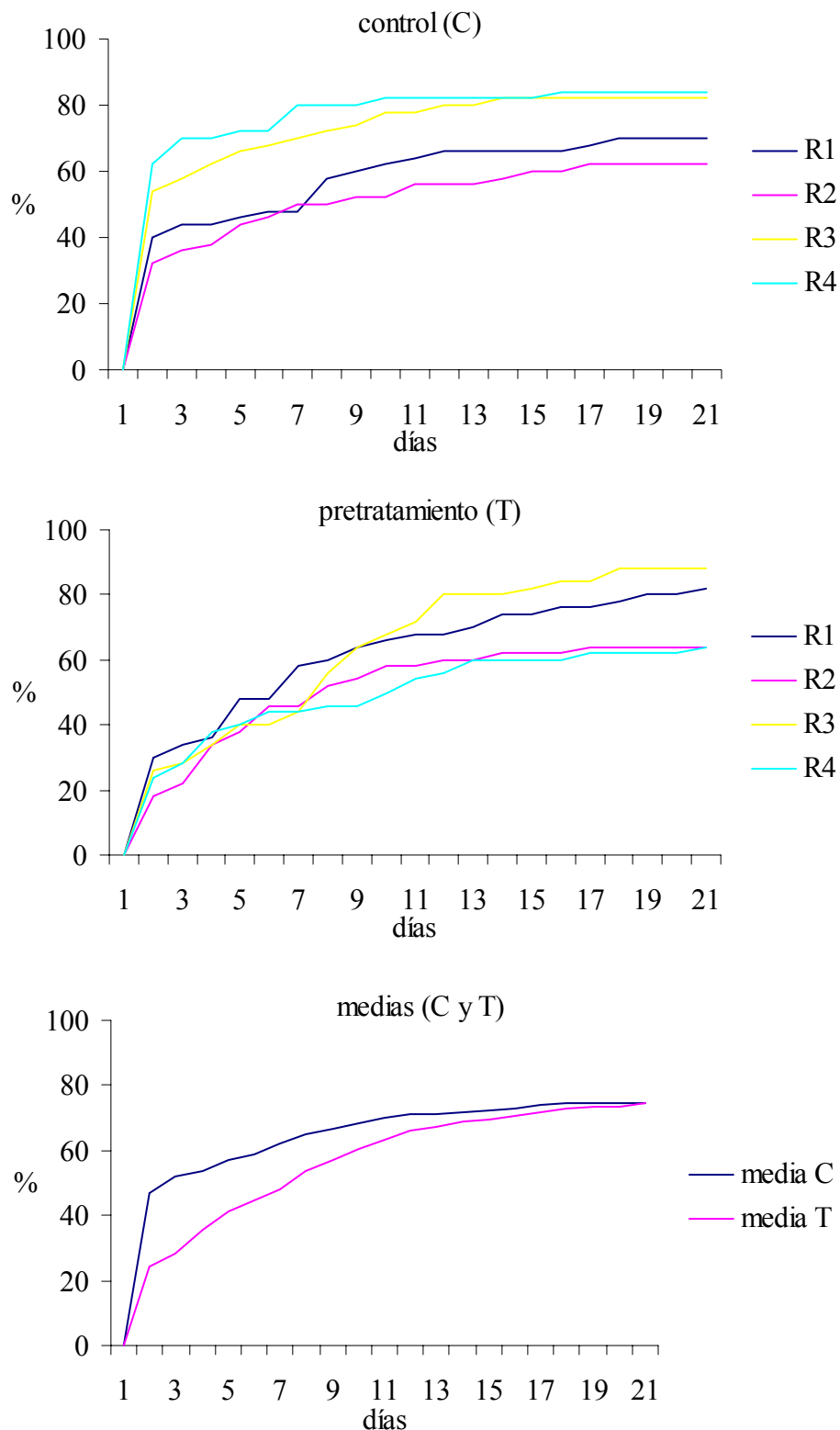


Gráfica 18. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Alconera). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

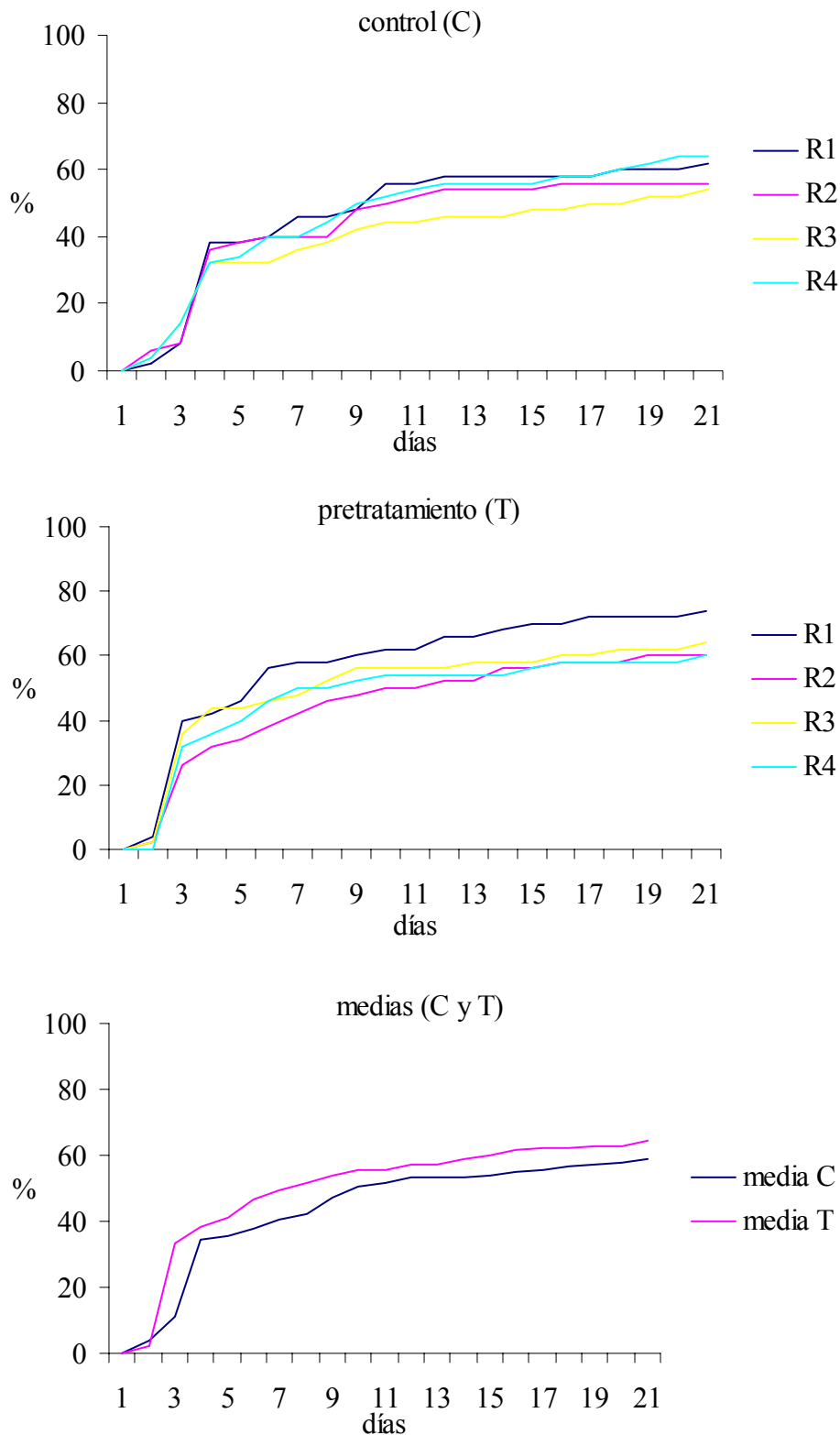


Gráfica 19. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Villafranca de los Barros). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

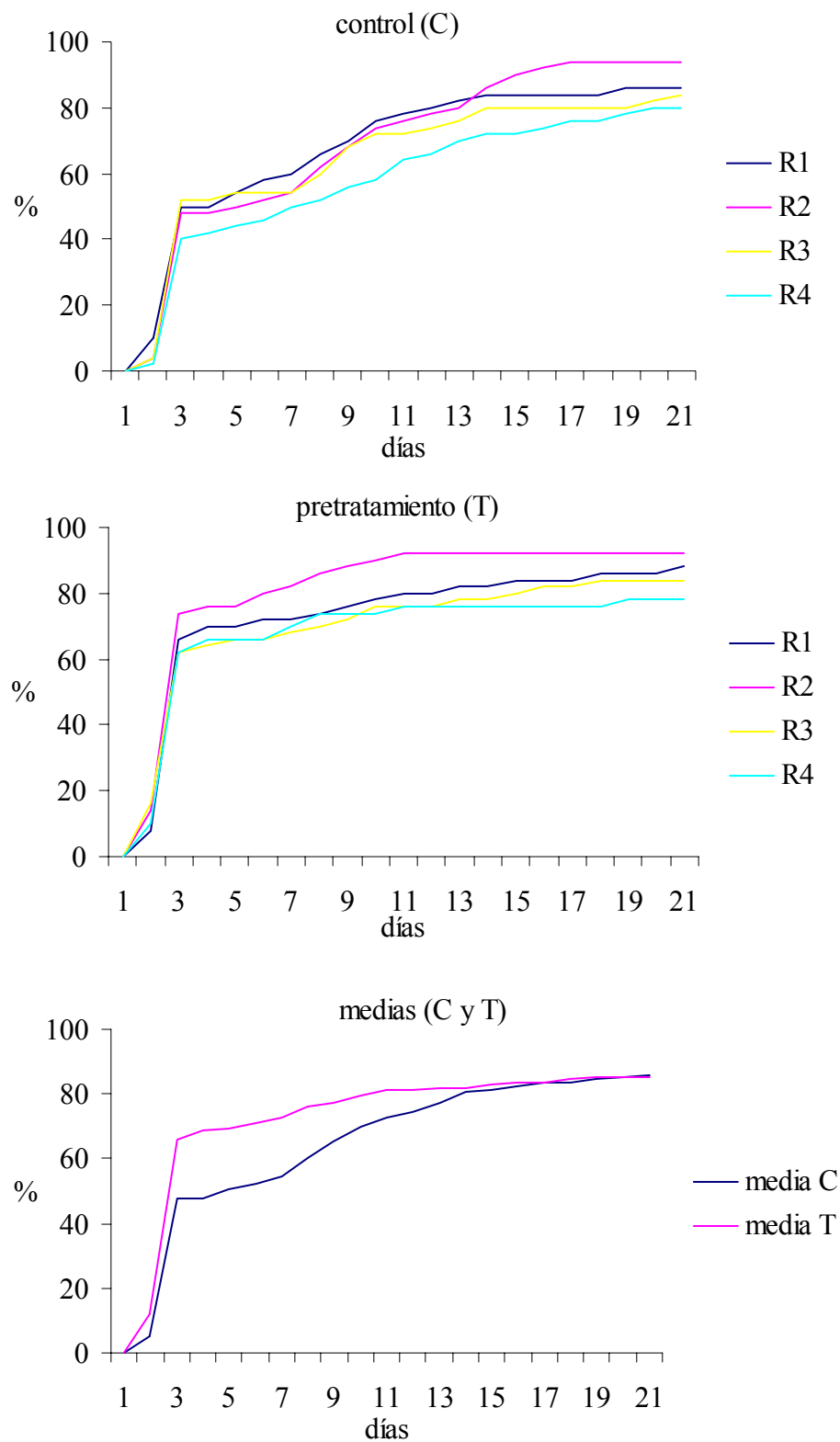


Gráfica 20. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (La Garganta). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

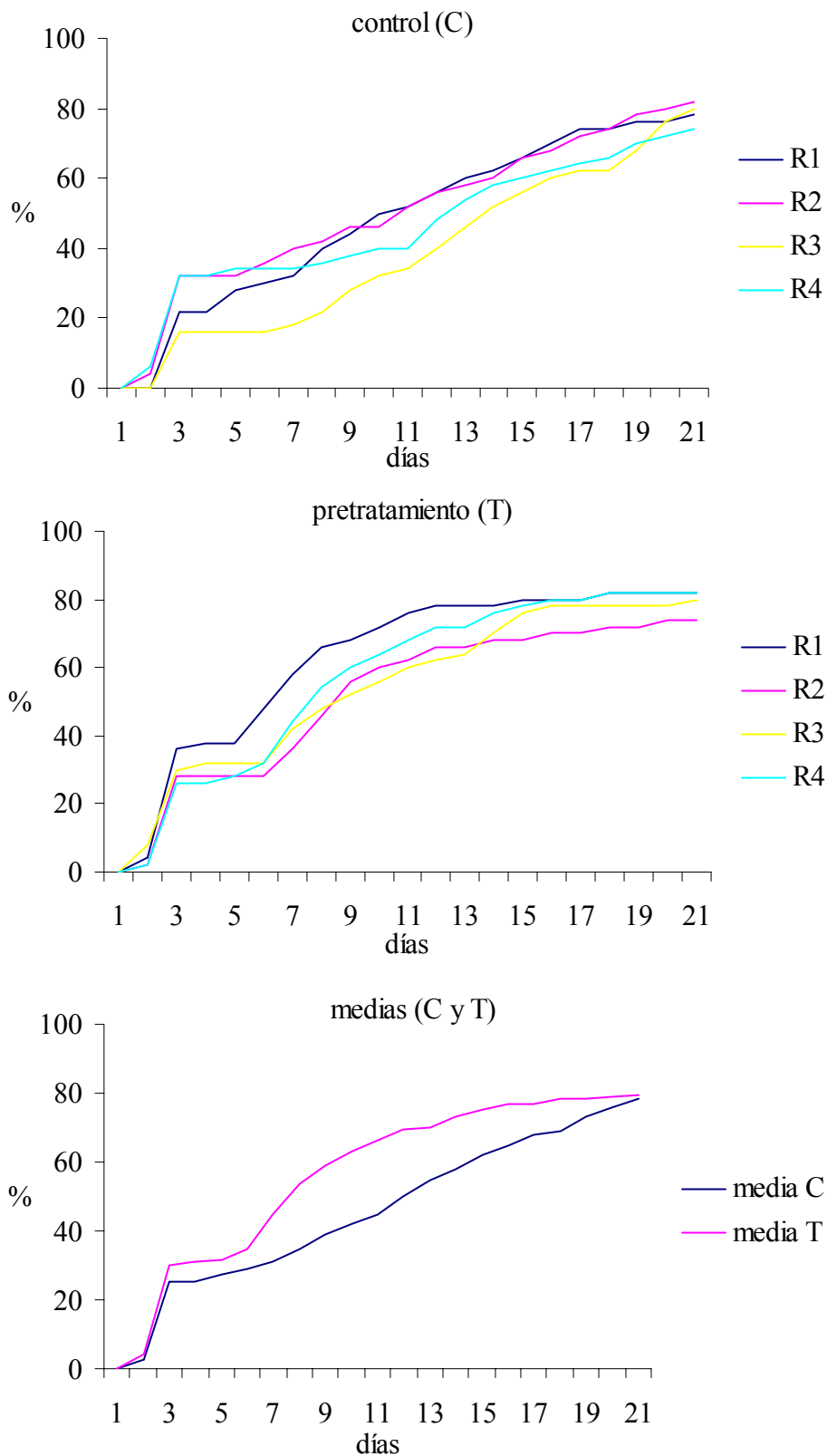


Gráfica 21. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Aliseda). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

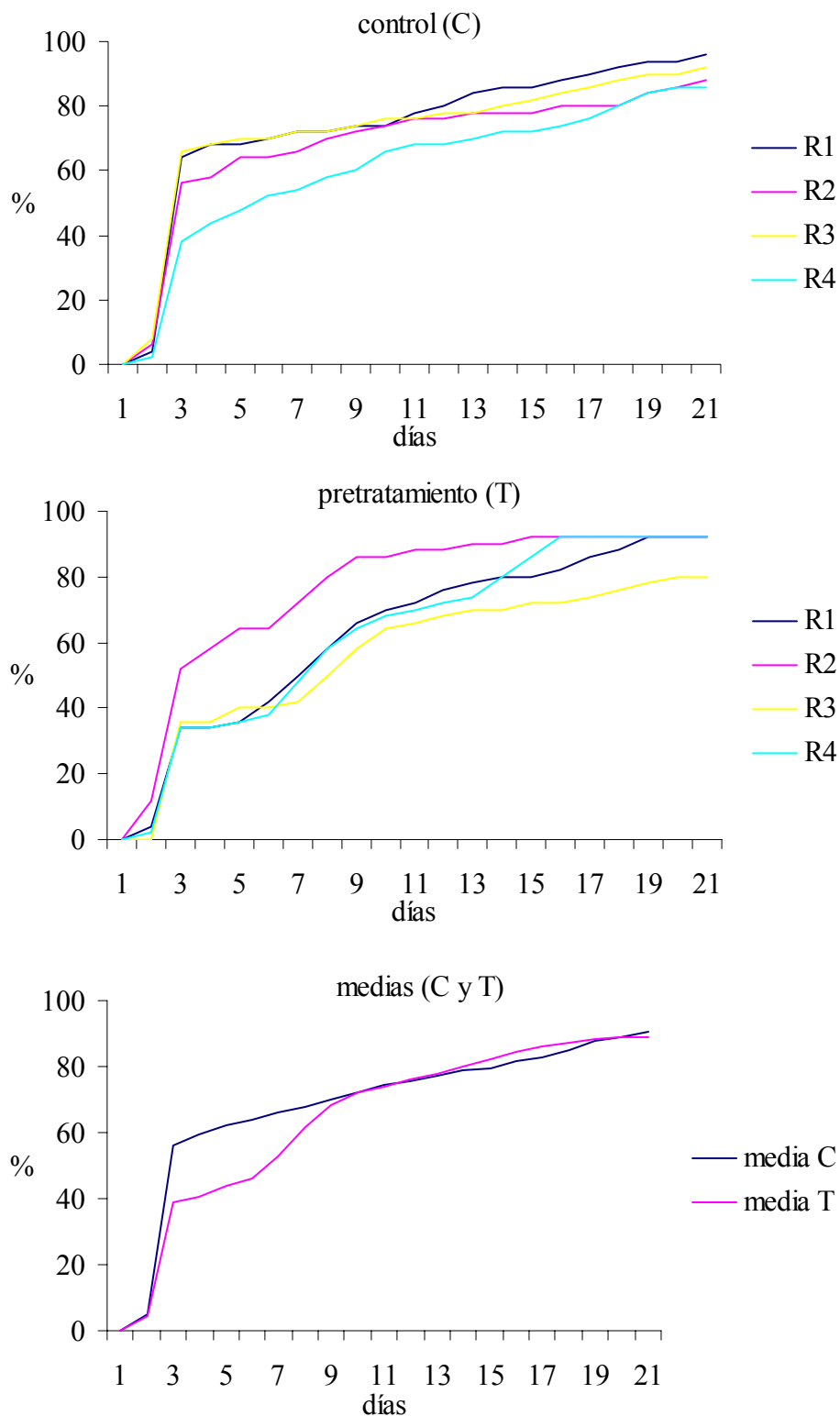


Gráfica 22. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Fuente del Maestro). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

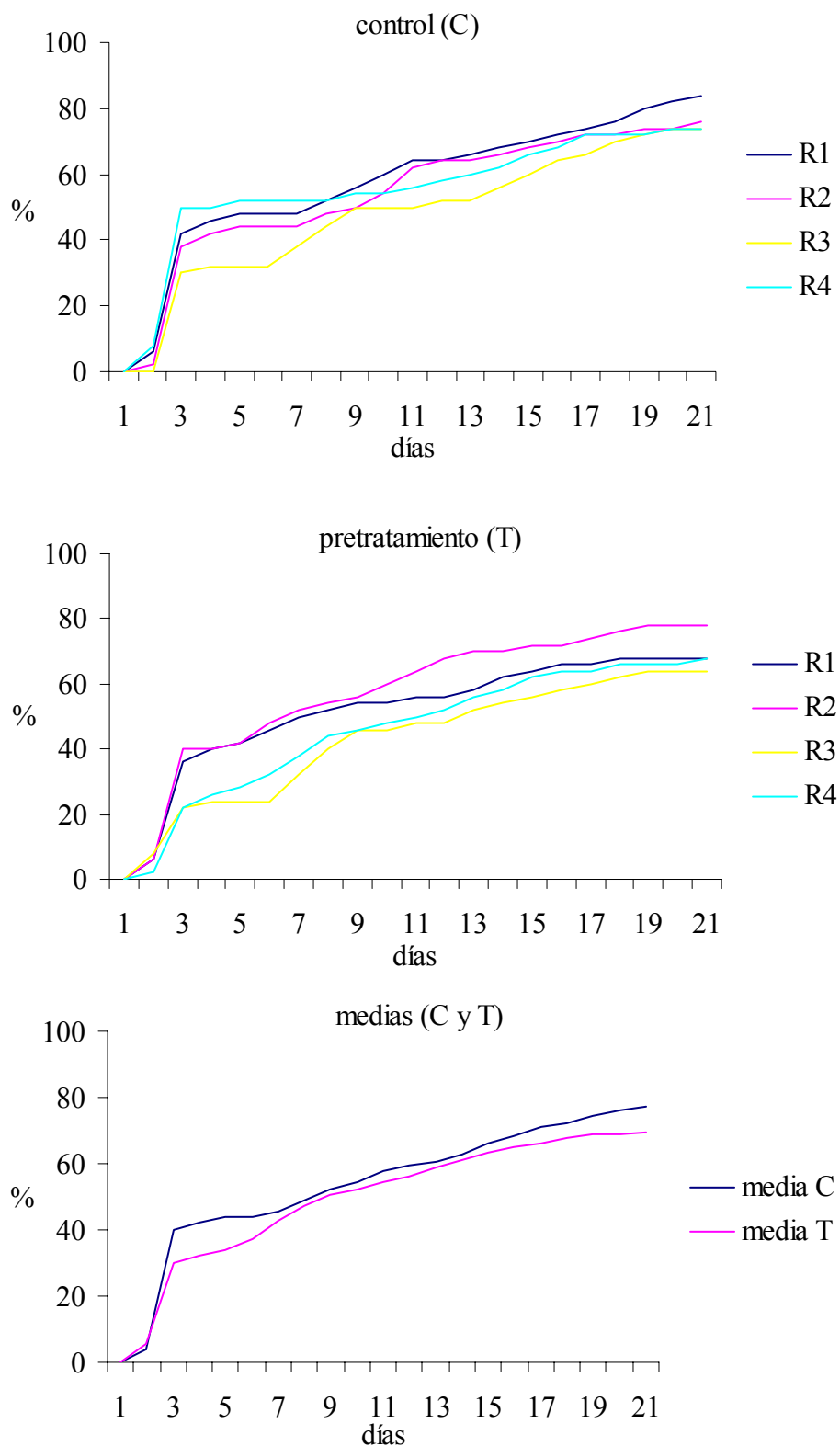


Gráfica 23. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Alia). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

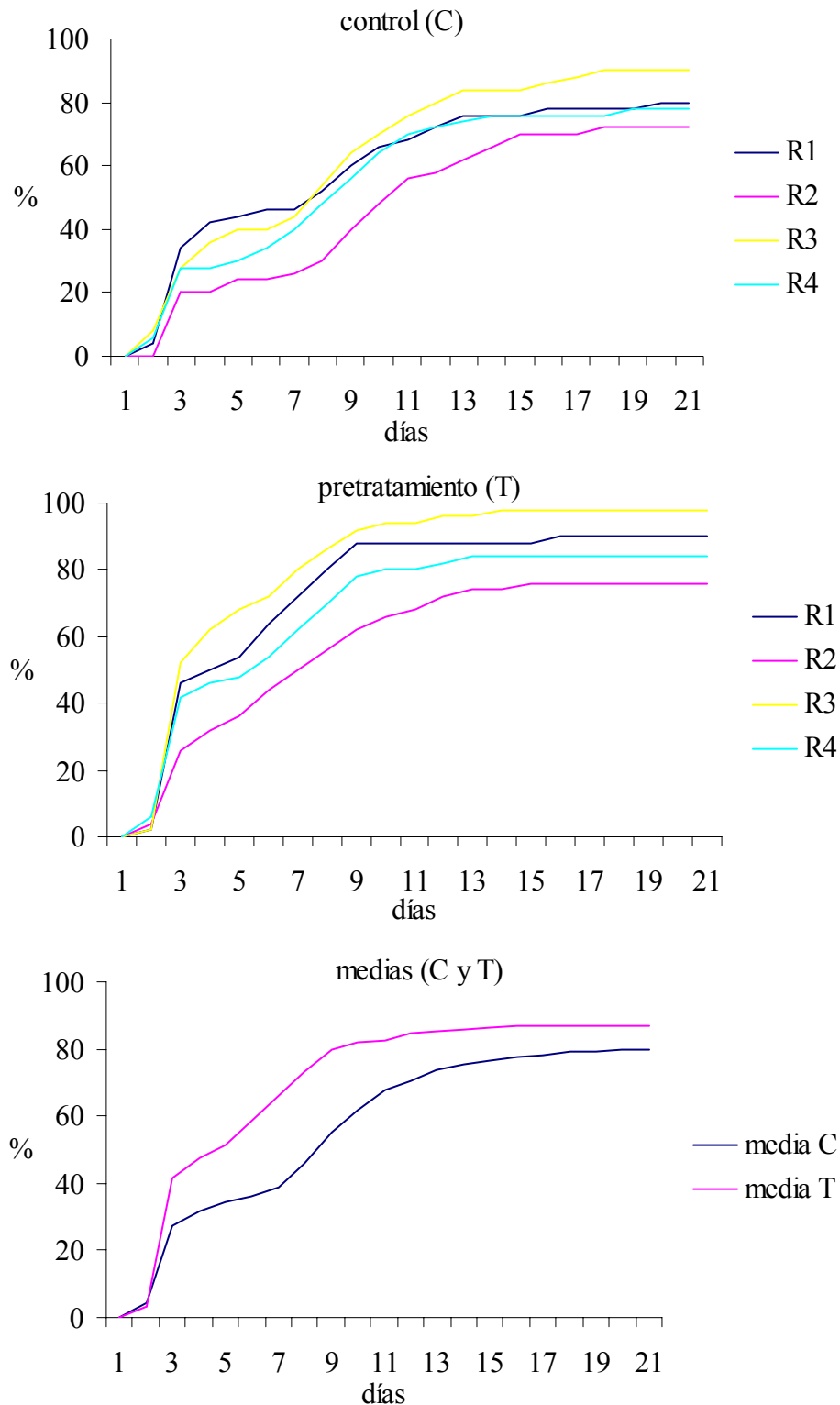


Gráfica 24. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Benquerencia). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

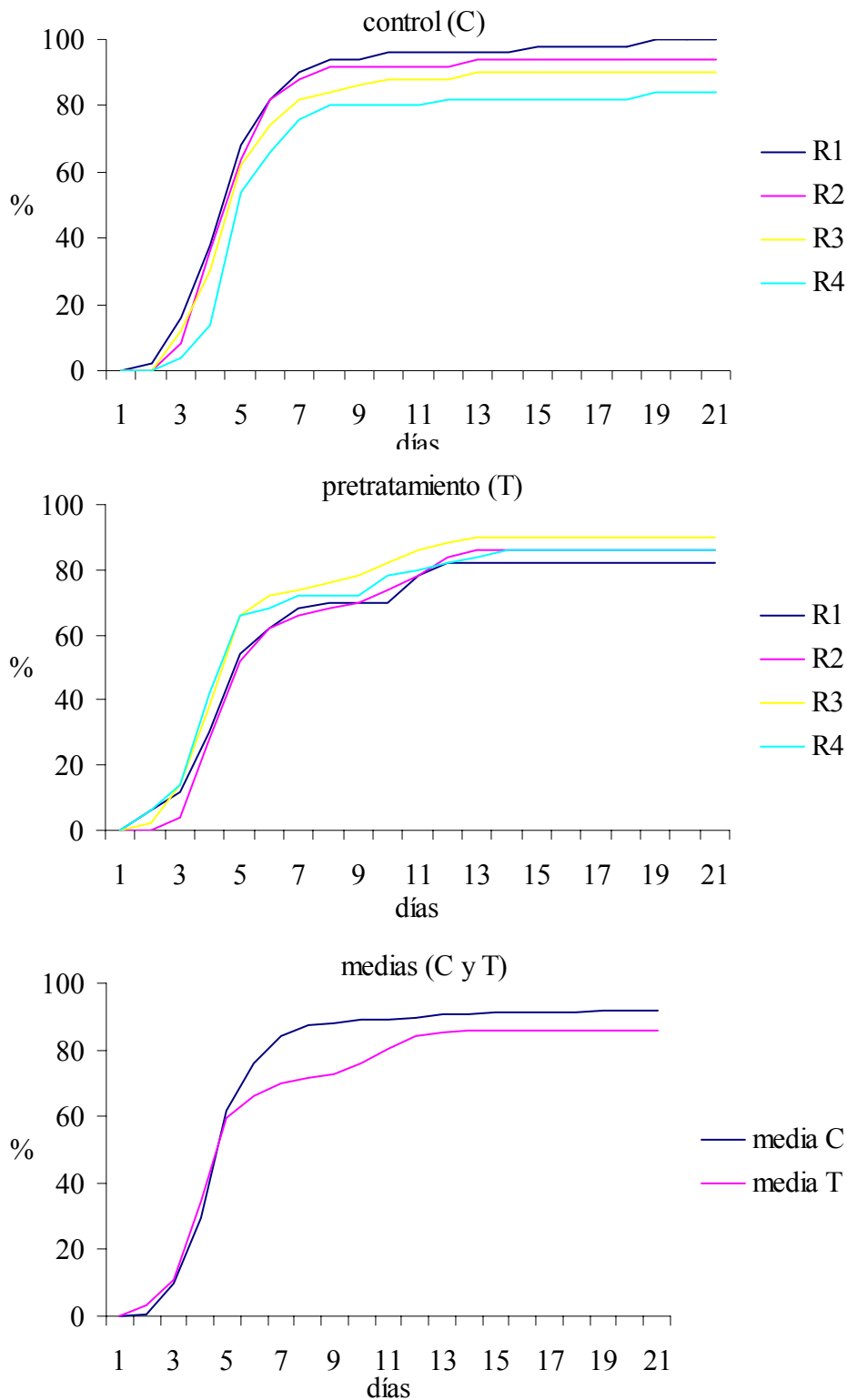


Gráfica 25. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Bienvenida). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.



Gráfica 26. Germinación de *Thymus mastichina* (L.)L. (Descargamaría). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

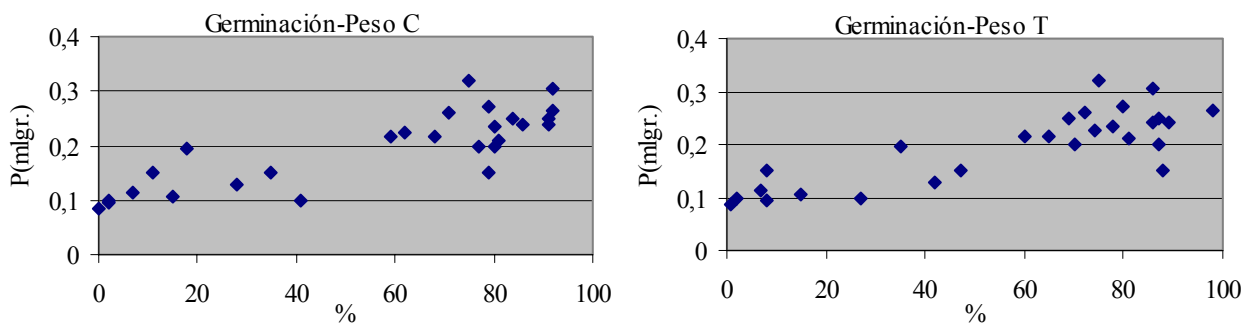
3. CAPACIDAD GERMINATIVA



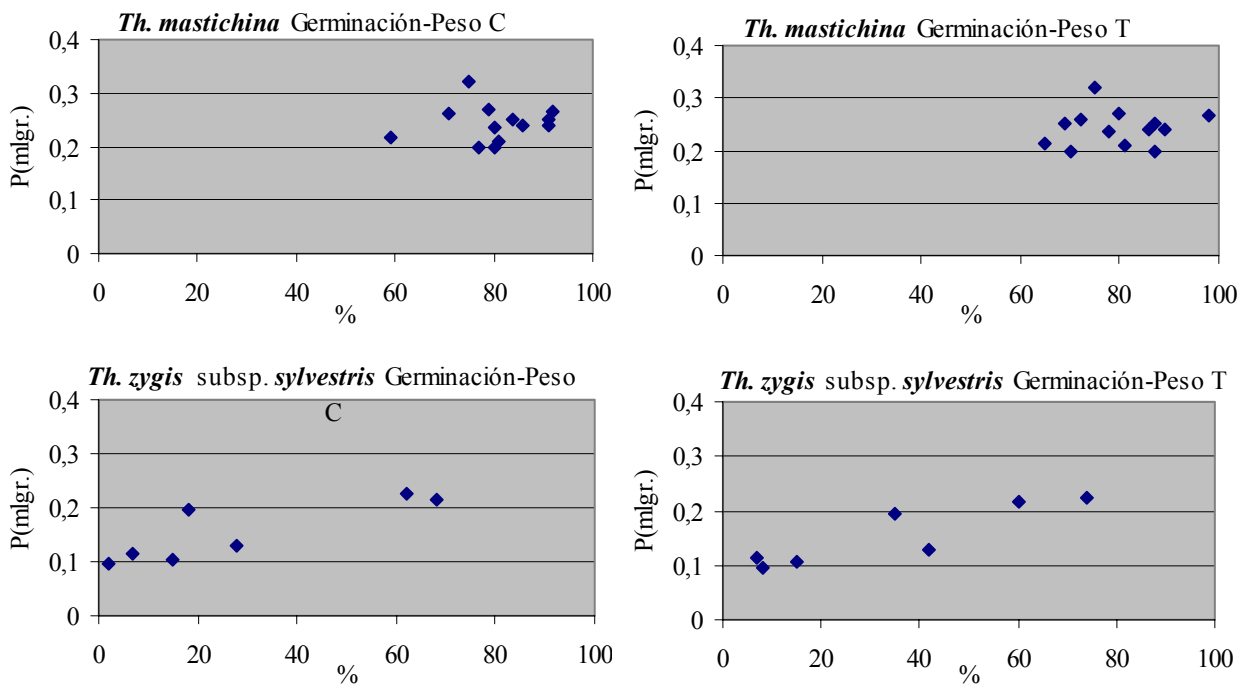
Gráfica 27. Germinación de *Thymbra capitata* (L.) Cav. (Descargamaría). Porcentajes acumulados de germinación obtenidos a lo largo de un periodo experimental de 21 días. Gráfica superior: resultados obtenidos en condiciones control, para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica media: resultados obtenidos en semillas pretratadas para cada una de las cuatro réplicas. Gráfica inferior: resultados medios obtenidos en semillas control C y pretratadas T.

Porcentaje de germinación-Peso de semilla

Con los resultados obtenidos en el test de germinación (Tabla 3) y los valores del peso de una semilla para cada población (Tabla 2) se construyeron las gráficas que aparecen a continuación.



Gráfica 28. Porcentaje acumulado de germinación y peso de una semilla para todas las especies a estudio, tanto para las semillas control (C), como para las semillas pretratadas (T).



Gráfica 29. Porcentaje acumulado de germinación y peso de una semilla para *Th. zygis subsp. sylvestris* y *Th. mastichina* para las semillas control (C) y para las semillas pretratadas (T).

Análisis estadístico

Al comparar, utilizando un test de Wilcoxon, cada resultado de las semillas control (C), con las pretratadas (T), no se encontraron niveles de diferencia estadísticamente significativos, ni en el porcentaje de germinación ($p=0.508$), ni en el Índice de Vigor ($p=0.914$).

Respecto a las diferencias interespecíficas, al comparar mediante un test de Kruskal-Wallis, los porcentajes de germinación de las especies estudiadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, tanto en el caso de las semillas control (C) (** $p = 0.000$), como en el de las pretratadas (T) (** $p = 0.000$). También se encontraron diferencias en los Índices de Vigor (** $p = 0.000$, para C; ** $p = 0.000$ para T).

Al aplicar el test de Mann-Whitney (Tabla 5), podemos intuir un grupo de especies constituido por *Thymus mastichina*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Thymbra capitata*. También se observan similitudes entre las especies *Th. pulegioides*, *Th. zygis* y *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*. En cuanto a *Th. caespititius* decir que únicamente se la puede relacionar con *Th. pulegioides*. En cuanto a las diferencias existentes entre las semillas control y pretratadas, decir que son escasas, aunque cabe destacar los resultados de *Th. pulegioides*, ya que en el experimento control no se le podría incluir en el grupo formado con *Th. zygis* y *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*. Son diferentes también los resultados obtenidos para el porcentaje de germinación en los pares de poblaciones *Thymbra capitata* -*Th. mastichina* y *Thymbra capitata* - *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* entre el experimento control (C) y el pretratamiento (T).

Tabla 5. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de especies, sobre muestras de semillas control (C) y pretratadas (T). ns, no significativo, *, $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Control (C)	<i>Th. caespitata</i> 1	<i>Th. pulegioides</i> 2	<i>Th. zygis</i> 3	<i>Th. villosus</i> ssp. <i>lusitanicus</i> 4	<i>Th. mastichina</i> 5	<i>Th. praecox</i> ssp. <i>penyalarensis</i> 6	<i>Thymbra capitata</i> 7
1	-----						
2	ns 0.105 (ns 0.083)	-----					
3	** 0.005 (*** 0.000)	ns 0.358 (ns 0.236)	-----				
4	** 0.008 (** 0.004)	ns 0.368 (ns 0.073)	ns 0.457 (ns 0.254)	-----			
5	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	-----		
6	** 0.004 (** 0.004)	** 0.004 (** 0.004)	*** 0.000 (** 0.003)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.634 (ns 0.914)	-----	
7	** 0.004 (** 0.004)	** 0.004 (** 0.004)	*** 0.000 (** 0.004)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.021 (ns 0.701)	* 0.029 (ns 0.886)	-----

Pretrat. (T)	<i>Th. caespitata</i> 1	<i>Th. pulegioides</i> 2	<i>Th. zygis</i> 3	<i>Th. villosus</i> ssp. <i>lusitanicus</i> 4	<i>Th. mastichina</i> 5	<i>Th. praecox</i> ssp. <i>penyalarensis</i> 6	<i>Thymbra capitata</i> 7
1	-----						
2	ns 0.195 (ns 0.195)	-----					
3	*** 0.000 (*** 0.000)	* 0.033 (* 0.013)	-----				
4	** 0.004 (** 0.004)	** 0.004 (** 0.004)	ns 0.279 (ns 0.332)	-----			
5	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	-----		
6	** 0.004 (** 0.004)	** 0.004 (** 0.004)	*** 0.000 (*** 0.000)	** 0.029 (** 0.029)	ns 0.153 (ns 0.529)	-----	
7	** 0.004 (** 0.004)	** 0.004 (** 0.004)	*** 0.000 (*** 0.001)	** 0.029 (** 0.029)	ns 0.173 (ns 0.470)	ns 0.886 (ns 0.486)	-----

Los resultados de las comparaciones realizadas para averiguar si existían diferencias interpoblacionales, fueron estudiados en aquellas especies de las que se disponía de varias poblaciones: *Th. caespitatus*, *Th. pulegioides*, *Th. zygis* y *Th. mastichina*. En el caso de las dos últimas se aplicó el test de Kruskal-Wallis, y en el de las cuatro el de Mann-Whitney. Para el test Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de germinación, tanto en semillas control (C), como en semillas que habían recibido un pretratamiento (T). Igual puede decirse del Índice de Vigor (Véase Tabla 6).

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

Tabla 6. Niveles de significación estadística del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), de las distintas poblaciones estudiadas de *Th. zygis* (pobl.=7) y *Th. mastichina* (pobl.=13) sobre muestras de semillas control (C) y pretratadas (T). ns, no significativo, *, $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

	control (C)	pretratamiento (T)
<i>Th. zygis</i>	*** 0.001	*** 0.001
	(***0.001)	(***0.001)
<i>Th. mastichina</i>	*** 0.001	*** 0.000
	(***0.000)	(***0.000)

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney (Tablas 7, 8, 9, 10a y 10b), muestran los pares de poblaciones que son significativamente diferentes entre sí, tanto en lo relativo al porcentaje de germinación, como al Índice de Vigor.

Respecto a *Th. caespititius* (Tabla 7) mientras que en las semillas control (C) se encontraron diferencias significativas, en las semillas pretratadas (T) no aparecieron esas diferencias. Respecto al resultado obtenido para el par de poblaciones estudiadas de *Th. pulegioides* (Tabla 8), existen deferencias estadísticamente significativas entre ellas, tanto en las semillas control (C) como en las pretratadas (T).

Tabla 7. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de poblaciones de *Th. caespititius*, sobre muestras de semillas control (C) y pretratadas (T). ns, no significativo, *, $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Control (C)	Descargamaría 1	Robledillo 2
1	-----	
2	* 0.029 (* 0.029)	-----

Pretratamiento (T)	Descargamaría 1	Robledillo 2
1	-----	
2	ns 0.200 (ns 0.200)	-----

Tabla 8. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de poblaciones de *Th. pulegioides*, sobre muestras de semillas control (C) y pretratadas (T). ns, no significativo, *, $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Control (C)	Piornal 1	La Garganta 2
1	-----	
2	* 0.029 (* 0.029)	-----

Pretratamiento (T)	Piornal 1	La Garganta 2
1	-----	
2	* 0.029 (* 0.029)	-----

En *Th. zygis* los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 9. En general los resultados se repiten tanto para las semillas control (C) como en las pretratadas (T), y tanto en la germinabilidad como en el Índice de Vigor.

En ellos se intuyen grupos de poblaciones que entre sí no tienen diferencias significativas, pero que las tienen respecto al conjunto de las poblaciones restantes. Así puede establecerse que las germinaciones obtenidas en La Albuera, Solana de los Barros y La Garganta son estadísticamente similares, y que a su vez La Albuera, Guadajira y Badajoz son iguales entre sí (n.s.), o Guadajira, Badajoz, Cabeza del Buey y Los Santos de Maimona.

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

Tabla 9. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de poblaciones de *Th. zygis*, sobre muestras de semillas control (C) y pretratadas (T). ns, no significativo, *, $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Control (C)	Garganta 1	Solana 2	Albuera 3	Guadajira 4	Badajoz 5	Cab. Buey 6	Los Santos 7
1	-----						
2	ns 0.114 (ns 0.114)	-----					
3	ns 0.114 (ns 0.114)	ns 0.343 (ns 0.343)	-----				
4	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.886 (ns 0.057)	-----			
5	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (* 0.029)	ns 0.486 (ns 0.486)	ns 0.886 (ns 0.486)	-----		
6	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	-----	
7	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.343 (* 0.029)	-----

Pretrat. (T)	Garganta 1	Solana 2	Albuera 3	Guadajira 4	Badajoz 5	Cab. Buey 6	Los Santos 7
1	-----						
2	ns 0.686 (* 0.029)	-----					
3	ns 0.686 (ns 1.000)	ns 0.686 (ns 0.343)	-----				
4	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (* 0.029)	-----			
5	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.886 (ns 0.486)	-----		
6	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.057)	ns 0.200 (* 0.029)	-----	
7	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.057)	ns 0.057 (ns 0.057)	ns 0.114 (ns 0.200)	-----

Para *Th. mastichina* los resultados obtenidos se exponen en las Tablas 10a y 10b, donde se aprecia que para los controles (C), los pretratamientos (T), la germinabilidad o la velocidad germinativa, en la mayoría de los casos no se encontraron diferencias, o éstas tuvieron un nivel de significación mínimo (* $p < 0.05$). Dentro de esa primera apreciación global de homogeneidad, puede sin embargo destacarse como poblaciones diferentes frente a las restantes, por una parte Aliseda, y por otra parte el bloque Santo Domingo, Benquerencia de la Serena y El Portanchito.

3.3. RESULTADOS

Tabla 10 a. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de poblaciones de *Th. mastichina*, sobre muestras de semillas control (C), ns, no significativo, *, p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Control (C)	Aliseda 1	Badajoz 2	Garganta 3	Bienvenid 4	Alía 5	S.Maimo. 6	Villafran 7	Alconera 8	F.Maestre 9	Descarga. 10	Portanch 11	Benquere. 12	S.Doming 13
1	-----												
2	ns 0.114 (* 0.029)	-----											
3	ns 0.057 (* 0.029)	ns 0.486 (* 0.029)	-----										
4	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.343 (ns 0.886)	ns 0.686 (* 0.029)	-----									
5	* 0.029 (ns 0.486)	ns 0.200 (ns 0.114)	ns 0.886 (* 0.029)	ns 0.686 (ns 0.114)	-----								
6	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.686)	ns 0.886 (* 0.029)	ns 0.343 (ns 0.886)	ns 0.686 (* 0.029)	-----							
7	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.486)	ns 0.343 (* 0.029)	ns 0.200 (ns 0.486)	ns 0.686 (* 0.029)	ns 1.000 (ns 0.200)	-----						
8	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.057)	ns 0.200 (ns 0.114)	ns 0.486 (* 0.029)	ns 0.343 (* 0.029)	ns 0.343 (* 0.029)	ns 0.686 (ns 0.057)	-----					
9	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.486)	ns 0.114 (* 0.029)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.057 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.114)	ns 0.346 (ns 0.886)	ns 0.886 (* 0.029)	-----				
10	* 0.029 (ns 0.200)	ns 0.200 (ns 0.486)	ns 0.686 (* 0.029)	ns 0.686 (ns 0.486)	ns 1.000 (ns 0.200)	ns 0.686 (ns 0.486)	ns 1.000 (ns 0.057)	ns 0.486 (* 0.029)	ns 0.200 (ns 0.114)	-----			
11	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.057)	* 0.029 (ns 0.057)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.114)	ns 0.343 (ns 0.486)	ns 0.343 (ns 0.057)	ns 0.114 (* 0.029)	-----		
12	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.200)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.114)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.114)	ns 0.057 (ns 0.343)	ns 0.343 (ns 0.343)	ns 0.200 (ns 0.200)	ns 0.114 (* 0.029)	ns 0.886 (ns 0.486)	-----	
13	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.114)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.057 (0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.200 (ns 0.114)	ns 0.343 (ns 0.886)	ns 0.486 (* 0.029)	ns 0.114 (* 0.029)	ns 0.686 (ns 0.886)	ns 1.000 (ns 0.486)	-----

3. CAPACIDAD GERMINATIVA

Tabla 10 b. Niveles de significación estadística del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de germinación e Índice de vigor (Iv, entre paréntesis), entre pares de poblaciones de *Th. mastichina*, sobre muestras de semillas pretratadas (T). ns, no significativo, *, p < 0.05, **, p < 0.01, ***, p < 0.001

Pretrat. (T)	Aliseda 1	Badajoz 2	Garganta 3	Bienvenid 4	Alía 5	S.Maimo. 6	Villafranc 7	Alconera 8	F.Maestre 9	Descarga. 10	Portanch 11	Benquere. 12	S.Doming 13
1	-----												
2	ns 0.200 (ns 0.114)	-----											
3	ns 0.200 (* 0.029)	ns 0.686 (* 0.029)	-----										
4	ns 0.200 (ns 0.686)	ns 0.886 (ns 0.343)	ns 0.886 (* 0.029)	-----									
5	* 0.029 (ns 0.686)	ns 0.057 (ns 0.057)	ns 0.886 (* 0.029)	ns 0.057 (ns 0.686)	-----								
6	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.200 (* 0.029)	ns 0.886 (ns 0.686)	ns 0.200 (* 0.029)	ns 0.686 (* 0.029)	-----							
7	* 0.029 (ns 0.343)	ns 0.057 (* 0.029)	ns 0.886 (ns 0.114)	ns 0.057 (ns 0.486)	ns 0.886 (ns 0.343)	ns 0.200 (ns 0.114)	-----						
8	ns 0.686 (ns 0.057)	ns 0.886 (* 0.029)	ns 0.686 (ns 0.114)	ns 0.686 (ns 0.114)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.200 (ns 0.343)	ns 0.057 (ns 0.486)	-----					
9	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.200 (ns 0.686)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.200 (* 0.029)	ns 0.057 (* 0.029)	ns 0.343 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	-----				
10	* 0.029 (ns 0.057)	ns 0.057 (* 0.029)	ns 0.200 (ns 0.486)	ns 0.057 (ns 0.114)	ns 0.200 (ns 0.114)	ns 0.114 (ns 1.000)	ns 0.486 (ns 0.343)	ns 0.057 (ns 0.486)	ns 0.886 (ns 0.057)	-----			
11	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.686)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.057 (ns 0.886)	ns 0.114 (ns 0.057)	* 0.029 (ns 0.343)	ns 0.886 (ns 0.057)	ns 0.886 (ns 0.886)	-----		
12	* 0.029 (ns 0.200)	* 0.029 (* 0.029)	ns 0.114 (ns 0.114)	* 0.029 (ns 0.343)	ns 0.114 (ns 0.200)	ns 0.057 (ns 0.343)	ns 0.057 (ns 0.343)	* 0.029 (ns 0.886)	ns 0.343 (ns 0.057)	ns 0.686 (ns 0.886)	ns 0.343 (ns 0.343)	-----	
13	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.886)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.200)	* 0.029 (* 0.029)	* 0.029 (ns 0.057)	* 0.029 (ns 0.343)	ns 0.114 (ns 0.200)	* 0.029 (ns 0.343)	* 0.029 (ns 0.114)	-----

Al evaluar la posible correspondencia entre los datos obtenidos para el porcentaje de germinación y el peso de las semillas, utilizando el test de Spearman, se encontraron correlaciones significativas (**coeficiente de correlación=0.801, para C; **coeficiente de correlación=0.735, para T).

Para *Th. zygis* y *Th. mastichina*, especies de las que se dispuso de un número amplio de poblaciones, se estudió la posible correspondencia entre el porcentaje de germinación y el peso de las semillas, utilizando nuevamente el test de Spearman. Respecto a la primera de ellas se observa una correlación significativa (**coeficiente de correlación=0.893, para C; *coeficiente de correlación=0.857, para T). Para *Th. mastichina*, sin embargo, no se encontró (coeficiente de correlación=0.084, para C; coeficiente de correlación=0.088, para T).

3.4. DISCUSION

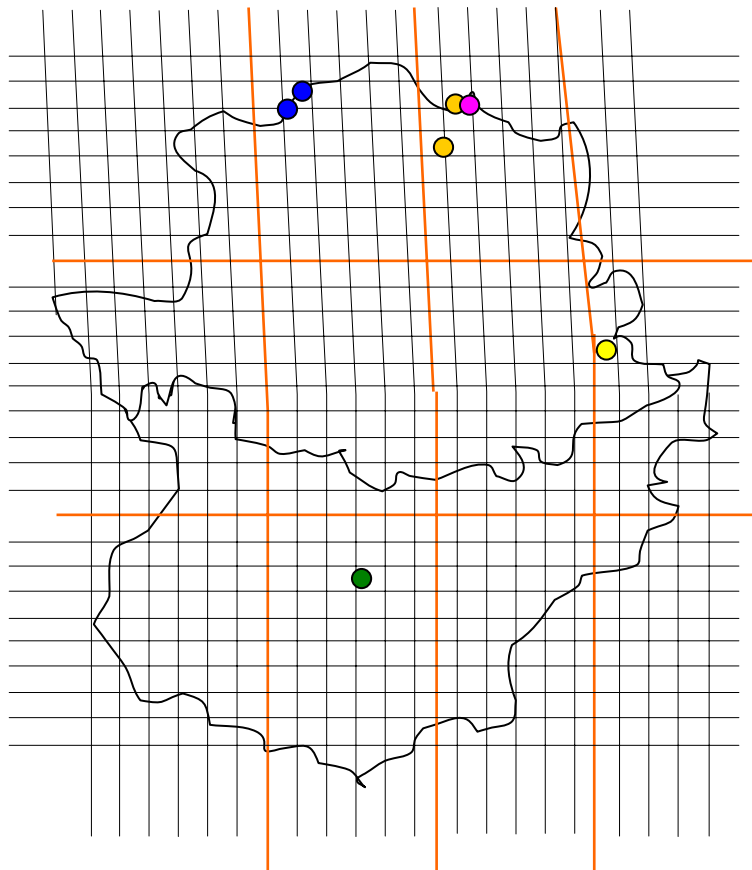
En biología germinativa, las semillas de procedencia silvestre tienen como características la dormición, un amplio rango de estados de maduración del material recolectado, y un limitado rango de temperaturas y condiciones a las que las semillas pueden germinar con rapidez (Finch-Savage, Gray & Dickson, 1991a). Se trata de factores limitantes para la puesta en práctica cultivo de especies silvestres, que han de ser solucionados a través de la tecnología de semillas (Finch-Savage, Gray & Dickson, 1991b) y la optimización de los rangos de germinación.

La información concerniente a procesos germinativos de plantas aromáticas de la familia Lamiaceae en general se puede considerar escasa (Thanos, 1993). En lo referente a los tomillos se han estudiado la influencia de distintos factores en algunas especies del mismo, como temperaturas óptimas de germinación (Thanos, Kadis & Skarou, 1995), la luz (Thanos, 1993), la temperatura óptimas de almacenamiento (Kretschmer, 1989), el efecto inhibitorio de los aceites esenciales (Thanos, 1993; Tarayre et al. 1995; Thanos, Kadis & Skarou, 1995), la viabilidad de las semillas ante condiciones extremas como el fuego (Belhassen, et al, 1989; Eriksson, 1998) y, la posible influencia del peso de las semillas y de las condiciones medioambientales en el porcentaje final de germinación (Pérez-García et al., 2003).

La germinación lenta es una estrategia típica de plantas mediterráneas, para protegerse de los pequeños intervalos secos frecuentes durante el inicio de la época lluviosa (Thanos, 1993), de manera que aquellas especies que por su área de distribución tienen un carácter más boreal, presentan también una mayor velocidad germinativa y un más amplio rango de germinación (Thanos & Doussi, 1995).

Otra estrategia típica de las plantas mediterráneas es romper la dormición por efecto de las bajas temperaturas, lo que se interpreta como un efecto simulador a lo que ocurre en la naturaleza en la época previa a la de germinación de semillas en primavera. Por ello es frecuente que un pretratamiento térmico promueva el incremento de la

germinación. Desde una perspectiva global, en el caso de la familia Lamiaceae, se ha recomendado un preenfriamiento para mejorar el comportamiento germinativo (ISTA, 1999), pero en el caso concreto de nuestro estudio, las especies, poblaciones y condiciones ensayadas, no han seguido esta pauta, de manera que puede afirmarse que para las características de nuestros materiales y métodos, el preenfriamiento no ha arrojado mejoras estadísticamente significativas.



Mapa 1.- Poblaciones estudiadas de:

- *Thymbra capitata* (L.)Cav
- *Thymus caespititius* Brot.
- *Thymus pulegioides* L.
- *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* (Pau)Rivas Martínez, Fernández González & Sánchez Mata
- *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* (Boiss.)Coetinho

La germinación en *Thymbra capitata* ha sido estudiada por Thanos, (1993) y Thanos, Skadis & Skarou, (1995), sobre material procedente de la Isla de Creta. En el primer caso se obtuvieron porcentajes de germinación inferiores al 30% a 20°C en oscuridad, manejando poblaciones procedentes de la Isla de Creta. En el segundo, los autores consideraron que temperatura óptima de germinación 15° C, alcanzándose valores muy bajos cuando se trabajaba con temperaturas de 25 y 30° C. En este último, se observó además que la luz no es un parámetro que afecte excesivamente en la germinación. Otros autores (Vokou & Margaris, 1986), estudiaron una población de las proximidades de Atenas. Ellos obtuvieron unas germinabilidades *altas* (73%), a 20°C en oscuridad.

Thymbra capitata, es una especie circunmediterránea, que en la Península Ibérica se distribuye por la mitad Sur. Vive sobre cualquier tipo de sustrato, aunque prefiere los ricos en bases, desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud aproximadamente (600 m en Extremadura). Las semillas de procedencia extremeña ensayadas por nosotros (Mapa 1), han mostrado un comportamiento diferente al descrito en el párrafo anterior y ello de modo indirecto revela la variabilidad genotípica existente, aunque nuestros resultados podrían estar próximos a los obtenidos por Vokou y Margalis, (1986). En nuestro caso, ésta fue la especie que alcanzó los mejores resultados de todo el estudio en lo que se refiere al porcentaje de germinación (germinabilidades *altas*, de hasta el 92%) y al Iv (velocidades *rápidas*, de hasta 19,07), tanto en el caso de las semillas control como en el de las pretratadas. En consecuencia, para material extremeño pueden considerarse condiciones de germinación aconsejables las que hemos utilizado en el presente ensayo.

Th. praecox subsp. *penyalarensis* es un taxon de área de distribución muy restringida (endémica del Sistema Central). Vive en claros de matorral y pastizales cacuminales xerófilos. No se tienen datos de estudios previos que hayan abordado cuestiones relativas acerca de sus requerimientos germinativos, siendo sin embargo un elemento muy interesante desde el punto de vista biogeográfico. Para el material estudiado (Mapa 1), se obtuvieron unos grados de germinabilidad *altos* (79 % C; y 88 %

T) y una velocidades *rápidas* (19.53 C; 21.05 T) por lo que las condiciones de germinación aplicadas pueden ser recomendables para este taxon.

Th. villosus subsp. *lusitanicus* es un endemismo ibérico, que aparece en áreas disyuntas en Estremadura y Beira Litoral (Portugal), Cáceres (Sierras de Guadalupe y Altamira), Ciudad Real (Sierra de Río Frío) y Toledo (Sierra de Rebollarejo). Vive sobre sustratos ácidos (cuarcitas, pizarras, arenas, rañizos) y muy raramente sobre terrenos calizos. Es una planta esporádica de matorrales aclarados, sobre todo jaral-brezales, y tiene también interés corológico. Tampoco se ha estudiado anteriormente desde una perspectiva de capacidad germinativa. Nuestro ensayo ha tenido como resultado unos datos de germinabilidad *moderada* (35 % C; 47 % T) y unas velocidades *medianas* (9.00 C; 11.00 T). En principio, pueden recomendarse las condiciones de tratamiento del test para esta población (Mapa 1).

Th. caespititius, otra especie interesante por su área, limitada al NW de la Península Ibérica, Madeira y Azores. Es un tomillo propio de las zonas de influencia atlántica con clima húmedo, y su límite meridional en la Península son las poblaciones de Cáceres y Salamanca, donde forma parte de brezales característicos. Puede vivir desde el nivel del mar hasta 1200 m (Sierra de Gerês, Portugal), y aguanta mal las heladas. Sin antecedentes bibliográficos en el tema de la capacidad germinativa, este taxon fue el que obtuvo los peores resultado de los taxones a estudio con germinabilidades *nulas* o *bajas* (0-11 % C y 1-8 % T) y unas velocidades *lentas* (0.00 y 1.26 C; 0.17 y 1.26 T). Requiere por tanto ensayos posteriores, con otras condiciones de germinación que resulten mejor para el desarrollo de su proceso germinativo, siendo quizá más convenientes temperaturas mucho más bajas y uniformes, dadas las características corológicas y ecológicas de sus poblaciones silvestres (Mapa 1).

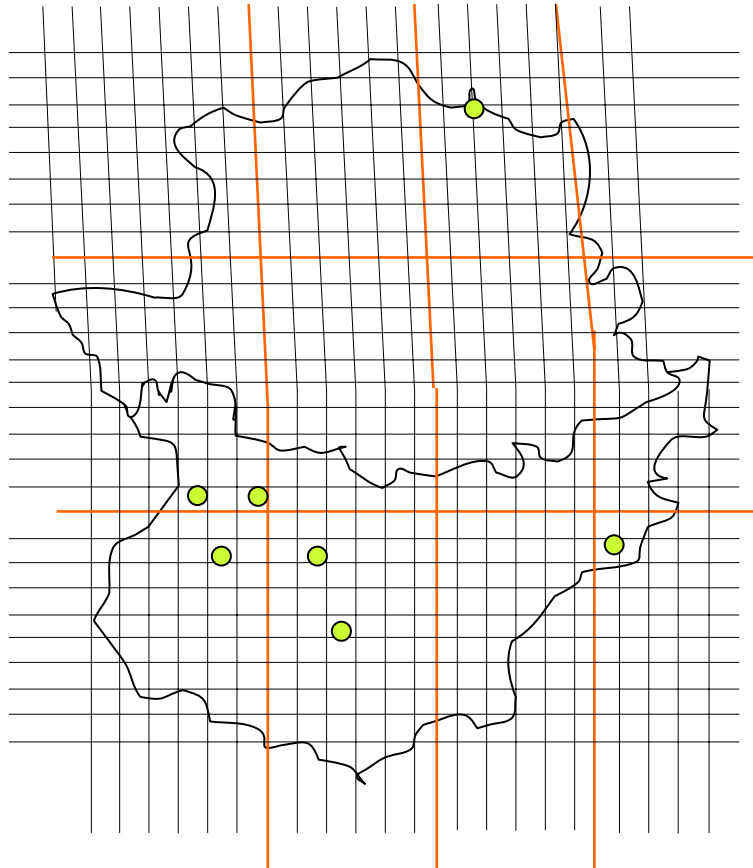
Th. pulegioides , es un taxon ampliamente distribuido por Europa, aunque en la Península Ibérica sólo aparece en la mitad Norte. Es otro tomillo que según nuestros datos había sido escasamente estudiado con anterioridad desde la perspectiva germinativa. Tampoco aquí los resultados obtenidos en el ensayo efectuado hacen recomendables los test efectuados como tratamiento de elección, pues se obtuvieron

unas germinabilidades *bajas y moderadas* (2 y 41 % C; 2 y 27 % T) y unas velocidades de lentas a medianas (0.33 y 7.58 C; 0.35 y 4.73 T). Posiblemente temperaturas menores proporcionen mejor éxito germinativo, a la vista de su ecología natural (cervunales y herbazales higrófilos de alta montaña) y área de distribución (Mapa 1).

Th. zygis es un taxon cuyo área de distribución está restringida a la Península Ibérica y Norte de África. Es una planta preferentemente basófila, aunque puede vivir sobre sustratos ácidos. Se le encuentra con frecuencia sobre calizas, margas o suelos yesosos, desde las costas hasta los 1300 msm. En Extremadura se han localizado las tres subespecies que se han dado de esta especie, *Th. zygis* subsp. *zygis*, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, siendo la última de ella la más común. No conocemos datos acerca de su comportamiento germinativo, a excepción de los publicados por Pérez-García et al. (2003), que realizaron tests a temperatura constante de 15° C y condiciones alternas de iluminación (16h. luz y 8 horas de oscuridad), sobre poblaciones españolas de Badajoz, Ciudad Real y Cuenca, probablemente pertenecientes a *Th. zygis* subps. *zygis*, (el material procedente de Cuenca) y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* (el resto), si bien allí aparecen todas nombradas bajo el binomen *Th. zygis*. En esas circunstancias obtuvieron rangos muy variables de resultados sobre un total de 14 poblaciones, lo cual en parte puede estar relacionado con el no reconocimiento de la categoría infraespecífica.

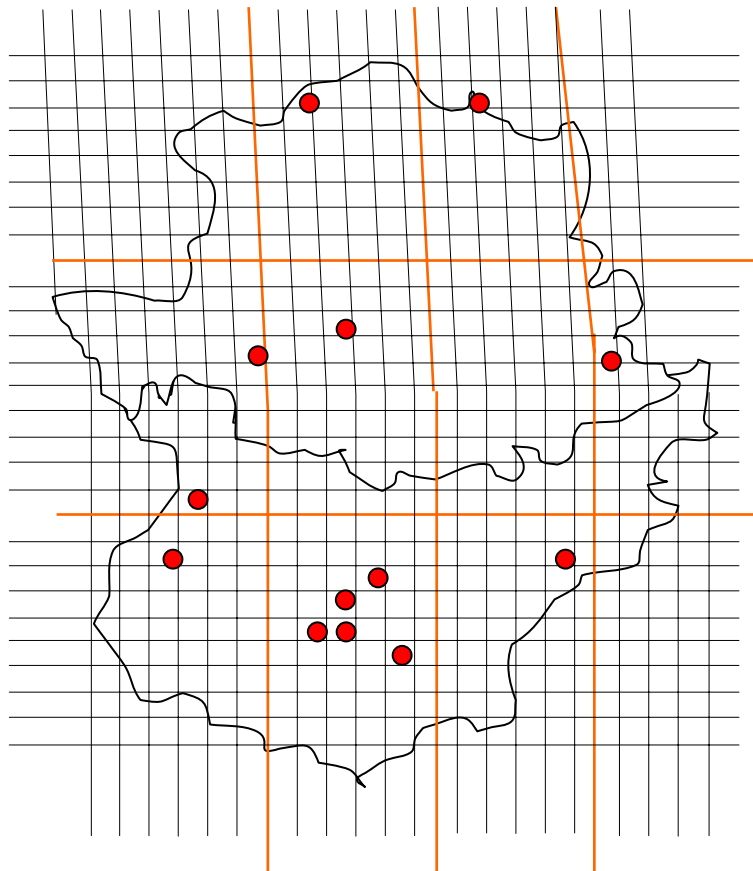
El tratamiento aplicado por nosotros, en principio puede ser considerado de elección para esta especie, pero es necesario discriminar las procedencias del material. En nuestros resultados de *Th. zygis* se intuyen agrupamientos donde no se aprecia una homogeneidad respecto a fecha de recolección, banda altitudinal del lugar geográfico o ecología concreta de la población (Mapa 2) o pertenencia a una determinada subespecie. Para material de la provincia de Badajoz, Pérez-García et al. (2003) obtuvieron germinabilidades también bastante variables: del 4% (en material de Usagre), 43 % (de Zafra) y 77 % (de Solana de los Barros), utilizando semillas recolectadas el año 2000. Este grado de dispersión y disparidad de resultados en el taxon, puede relacionarse con el hecho de que se trata de un taxon de reciente diversificación filogenética (Morales: 1986:126).

La variación en el comportamiento germinativo que se da entre diferentes poblaciones dentro de la misma especie es un fenómeno conocido (Pérez-García et al., 1995; Baskin & Baskin, 1998; Meyer & Allen, 1999). Estas diferencias interpopulacionales pueden originarse tanto por factores genéticos como por otros factores complejos tales como las condiciones climáticas durante la formación de la flor o la maduración de las semillas (Meyer et al., (1989) ; Gutterman, 1992; Buchwald & Kitkowska, 2001). En el caso de las especies estudiadas, apenas hay información publicada a este respecto (Perez-García et al, 2003).



Mapa 2.- Poblaciones estudiadas de *Thymus zygis* s.l.

Thymus mastichina, especie endémica de la Península Ibérica, donde se encuentra en matorrales aclarados, desde el nivel del mar hasta los 1800 m y donde vive desarrollándose con preferencia en los terrenos silíceos de textura suelta, más o menos arenosa, aunque puede encontrarse también en pedregales de montaña, sobre margas yesíferas e incluso en roquedos calizos. Tiene un proceso germinativo que ha sido estudiado en el trabajo de Pérez-García et al.,(2003), donde fueron realizados tests a temperatura constante de 15° C y condiciones alternas de iluminación (16h. luz y 8 horas de oscuridad), sobre 8 poblaciones ibéricas, 5 de ellas procedentes de lugares cercanos a los estudiados por nosotros (provincias de Cáceres y Badajoz). Los resultados de porcentaje acumulado de germinación para esas 5 poblaciones extremeñas oscilaron entre un 65 y un 95%.



Mapa 3.- Poblaciones estudiadas de *Thymus mastichina*. L.

En nuestros ensayos se obtuvieron muy buenos resultados, con germinabilidades comprendidas entre el 80 y 98% para las condiciones aplicadas, en materiales procedentes de El Portanchito, Benquerencia y Santo Domingo, y en el caso de las restantes poblaciones, estando la germinabilidad por encima del 70 % y en todo caso no bajando nunca del 59% (Aliseda).

En cuanto a la posible existencia de una relación entre el peso de las semillas y su porcentaje de germinación observado en otras especies (Vera, 1997; Baloch et al., 2001) decir que a nivel general, en nuestro estudio se ha observado esta misma relación.

Sin embargo, este comportamiento muestra diferencias interespecíficas, pues cuando se estudian separadamente las especies, como por ejemplo *Th. mastichina* y *Th. zygis* en nuestro caso, puede encontrarse que cada taxon muestra una pauta diferente: En *Th. zygis* se mantiene la correlación peso de la semilla y germinabilidad, mientras que en *Th. mastichina* no. Estas apreciaciones no habían sido puestas en evidencia en el trabajo de Pérez-García et al. (2003).

3.5. CONCLUSIÓN

El trabajo presentado sobre capacidad germinativa de los tomillos extremeños ha aportado información sobre el comportamiento de las semillas en este grupo de plantas, donde en algunas especies si se disponía de cierta información, casos de *Th. mastichina* y *Th. zygis*, mientras que de otras especies, los casos de *Th. caespititius*, *Th. pulegioides*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Thymbra capitata*, la información aportada es totalmente novedosa, por ser especies con distribuciones restringidas y/o con áreas en regresión.

En cuanto a los resultados obtenidos decir que el tratamiento aplicado puede considerarse recomendable para *Thymbra capitata*, *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* y *Th. mastichina* por haberse obtenido mayoritariamente germinabilidades *altas* y velocidades *rápidas*; y no recomendable para los taxones *Th. caespititius* y *Th. pulegioides*, donde se hace necesario probar con otras condiciones, porque con estas se han obtenido germinabilidades *bajas* y velocidades *lentas*.

Para *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* y *Th. zygis* se han obtenido resultados heterogéneos, que hacen proponer el tratamiento como en principio recomendable.

No obstante, en general es conveniente discriminar la procedencia del material, porque existe variabilidad no sólo interespecífica sino también interpoblacional.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Baloch, H.A., Di Tommaso, A., Watson, A. 2001. Intrapopulation variation in *Abutilon theophrastis* seed mass and its relationship to seed germinability. *Seed Sci. Res.* 11: 335-343.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. 1998. *Seed: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination.* Academic Press, San Diego, 666 pp.
- Belhassen, E., Dockes, A.C., Gliddon, C. & Gouyon, P.H. 1987. Gene dispersal and neighbourhood in a gynodioecious species: the case of *Thymus vulgaris* (L.). *Génét. Sél. Evol.* 19 (3): 307-320.
- Belhassen, E., Trabaud, L. & Couvet, D. 1989. An example of nonequilibrium processes: Gynodioecy of *Thymus vulgaris* L. in burned habitats. *Evolution* 43(3): pp.662-667.
- Belhassen, E., Beltran, M., Couvet, D., Dommée, B., Gouyon, P.H. & Oliveri, I. 1990. Evolution of female frequencies in natural population of Thyme, *Thymus vulgaris* L. Two alternative hypotheses accepted. *C. R. Acad. Sci. Paris, t. 310, Série III*, pp. 371-375.
- Buchwald, W. & Kitkowska, S. 2001. Studies on sowing material of *Salvia miltiorrhiza* Bunge under laboratory conditions. *Herba Polonica* 47: 142-148.
- Cabello, M., Ruiz, T. & Devesa, J.A. 1998. Ensayos de germinación en endemismos ibéricos. *Acta Botanica Malacitana* 23: 59-69.
- Caixihas, M.L., Vasconcelos, T., Barao, A.D., Come, D. (ed.) & Corbineau, T. 1993. Germination of seed endemic species after several years of storage. *Proceedings*

of the Fourth International workshop on seeds: basic and applied aspects of seed biology, Angers, France, 20-24 July, 1992. Vol.3: 829-834.

- [Devesa, J.A., Ruiz, T. & Rodríguez, P. 1998.](#) Seed germination in wild clovers (*Trifolium*, Leguminosae) from Southwestern Europe (Spain). *Plant Byosystems* 132: 225-232.
- [Eriksson, A. 1998.](#) Regional distribution of *Thymus serpyllum*: manegement history and dispersal limitation. *Ecography* 21: 35-43.
- [Finch-Savage, W.E., Gray, D., & Dickson, G.M. 1991a.](#) Germination responses of seven bedding plant species to environmental conditions and gibberellic acid. *Seed Science and Technology* 19: 487-494.
- [Finch-Savage, W.E., Gray, D., & Dickson, G.M. 1991b.](#) The combined effects of osmotic priming with plant growth regulator and fungicide soaks on the seed quality of five bedding plant species. *Seed Science and Technology* 19: 495-503.
- [Gutterman, Y.1992.](#) Maternal effects on seeds during development. In: Fenner, M., ed. *Seed: the ecology of regeneration in plant communities*. C.A.B. International, Wallingford, UK, pp. 27-59.
- [International Seed Testing Association \(ISTA\). 1999.](#) International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*., 27, supplement.
- [Jain, N.K. & Saha J. R. 1971.](#) Effect of storage length on seed germination in jute (*Corchorus* spp.). *Agronomy Journal*. 63: 636-638.
- [Kretschmer, M. 1989.](#) Influence of different storage conditions on germination of spice seed. *Acta Horticulturae* 253: 99-105.
- [Linhart, Y.B. 1999.](#) Thyme is the essential: Biochemical and multi-species deterrance. *Evolutionary Ecology Research*. 1999, 1: 2, 151-171.

- Meyer, S.E., McArthur, E.D., Jorgensen, G.L. 1989. Variation in germination response to temperature in Rubber Rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*: Asteraceae) and its ecological implications. *Am.J.Bot.* 76: 981-991.
- Meyer, S.A. & Allen, P.S. 1999. Ecological genetics of seed germination regulation in *Bromus tectorum* L.: I. Phenotypic variance among and within populations. *Oecologia* 120: 27-34.
- Morales, R. 1986. Estudio cariológico. En R. Morales ed. Taxonomía de los géneros *Thymus* (excluida la sección *Serpyllum*) y *Thymbra* en la Península Ibérica. *Ruizia*. Tom. 3. pp. 93-127.
- Perez García, F., Iriondo, J.M., Martínez-Laborde, J.B. 1995. Germination behavior in seeds of *Diploaxis erucoides* and *D. virgata*. *Weed Res.* 35: 495-502.
- Pérez-García, F., Hornero, J., & González-Benito, E. 2003. Interpopulation variation in seed germination of five Mediterranean Labiatae shrubby species. *Israel Journal of Plant Sciences* 51: 117-124.
- Rey, C., Palevitch, D. (ed.) & Putievsky, E. 1993. Selection of thyme (*Thymus vulgaris* L.). International symposium on medicinal and aromatic plants, Tiberias on the Sea of Galilee, Israel, 22-25 Mar. 1993. *Acta Horticulturae*.344: 404-410.
- Rivas-Martínez, S. 1987. Mapa de series de vegetación de España 1:400.000. Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación. ICONA.
- Tarayre, M., Thompson, J. D., Escarré, J., & Linhart, Y. B. 1995. Intra-specific variation in the inhibitory effects of *Thymus vulgaris* (Labiatae) monoterpenes on seed germination. *Oecologia* .101: 110-118.

- Takano, T., Palevitch, D., Simon, J.E. & Mathe, A. M. 1993. Germination characteristics of herb in Labiateae. *Acta Horticulturae* 331: 275-286.
- Thanos, C.A. & Doussi, M.A. 1995. Ecophysiology of seed germination in endemic labiates of Crete. *Israel Journal of Plant Sciences* 43: 227-237.
- Thanos, C.A. 1993. Germination ecophysiology of mediterranean aromatic plants. In: Côme, D. and Corbineau, F. eds. *Fourth International Workshop on Seeds. Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. (Angers, France 20-24 July, 1992). Vol 1. ASFIS, Paris pp. 281-287.
- Thanos, C.A., Kadis, C.C. & Skarou, F. 1995. Ecology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (Labiatae). *Seed Science Research* 5: 161-170.
- Tormo, R., Ruiz, T. & Devesa, J.A. 1995. El Clima. In: Devesa, J.A., ed. *Vegetación y flora de Extremadura*. Badajoz. Universitas Editorial. pp. 37-48.
- Ushitani, A. 1991. Sowing date and germination and the ecology of growth and flowering in herbs. *Agriculture and Horticulture* 66: 1070-1074.
- Vera, M.L. 1997. Effects of altitude and seed size on germination and seedling survival of heathland plants in north Spain. *Plant Ecol.* 133: 101-106.
- Vokou, D. & Margaris, N.S. 1986. Autoallelopathy of *Thymus capitatus*. *Ecologia plantarum*. Vol. 7 (21), nº 2: 157-163.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis* (Third Edition). Prentice – Hall International (UK) Limited, London.

CAPÍTULO 4.
PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

4.1 INTRODUCCIÓN

Generalidades sobre aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden definir como productos volátiles de naturaleza compleja, producidos por ciertos vegetales a los que confieren un aroma agradable. De forma oficial, se denominan aceites esenciales los productos que se pueden obtener por arrastre con corriente de vapor de agua o por expresión del pericarpio de ciertos frutos. Habitualmente son denominados como esencias, aunque esta denominación es mucho más amplia, porque engloba no solo a los aceites esenciales sino también a otras sustancias obtenidas por métodos de extracción muy diversos (Kuklinski, 2000; Bruneton, 2001).

Los aceites esenciales, son generalmente líquidos a temperatura ambiente. La mayoría son prácticamente transparentes, incoloros o coloreados (amarillentos), salvo ciertas excepciones como el aceite de manzanilla que posee un color azul intenso. En la mayoría de los casos, estos productos, son menos densos que el agua (esencia de clavo y canela son excepciones). Los aceites esenciales son insolubles en agua, aunque en ciertas esencias puede que alguno de sus componentes se solubilice parcialmente. Son también lipófilos y solubles en disolventes orgánicos apolares (éter etílico, hexano...). Suelen ser solubles en alcoholes de alta graduación. Tienen índices de refracción elevados y poseen actividad óptica (desvían el plano de luz polarizada y tienen poder rotatorio). Los aceites esenciales se oxidan con facilidad y polimerizan dando productos resinosos. Pueden ser extraídos mediante arrastre de vapor de agua o por expresión (método mecánico) (Kuklinski, 2000).

Los aceites esenciales son productos casi exclusivos de las angiospermas. Una excepción sería el género *Pinus*, gimnosperma de la familia Pinaceae que fabrican en canales resiníferos sus esencias. Entre las familias que disponen de representantes productores de aceites esenciales cabe destacar la familia Apiaceae (anís, hinojo), la familia Lauraceae (canela), la familia Asteraceae (manzanilla), Mirtaceae (eucalipto, clavo), Rutaceae (cítricos) o la familia Lamiaceae (menta, melisa, lavanda, tomillo...).

La localización de los aceites esenciales es muy variada. Pueden aparecer en raíces y rizomas, como en la cúrcuma o el jengibre, en la corteza como la canela, en los frutos en el caso de los cítricos, el anís o el enebro, en el leño como ocurre con el alcanfor, en las flores, siendo un ejemplo las manzanilla, en las hojas como sucede en el eucalipto, laurel o el boldo y en sumidades floridas muy frecuente en las labiadas. Los aceites esenciales se acumulan en glándulas o tricomas en las labiadas, en cavidades esquizogénicas de los cítricos, en conductos resiníferos de las coníferas, etc....(Kuklinski, 2000).

Los aceites esenciales son generalmente mezclas complejas de varias sustancias, pudiendo llegar a tener más de 200 compuestos. Éstos a su vez pueden tener estructuras muy diversas.

Los componentes químicos de los aceites esenciales dependen de varios factores. En primer lugar estaría el origen botánico, ya que cada especie posee una composición química e incluso dentro de una misma especie podemos encontrar varias razas químicas (quimiotipos). Las características cuantitativas y cualitativas de una especie varían según la fase del ciclo vegetativo en que se encuentre. Influye también en las cualidades de los aceites esenciales, las condiciones medioambientales en las que se encuentra,. Por último anotar que ciertos procedimientos de extracción pueden alterar la composición del aceite esencial respecto al vegetal de origen (Bruneton, 2001).

Los componentes presentes en los aceites esenciales se pueden dividir en dos grandes grupos: terpenoides y no terpenoides.

Moléculas no terpenoides

Dentro del grupo de los no terpénicos encontramos sustancias volátiles alifáticas que suelen ser hidrocarburos (C, H) o sustancias con función oxigenada (C, H y O). Un ejemplo sería el 2-Hexenol. También encontramos en este grupo sustancias volátiles con diferentes estructuras como C₆-C₁ (vainillina), C₆-C₃ (eugenol o safrol) o derivados cumarínicos (bergapteno). Hay, aunque son poco frecuentes, sustancias nitrogenadas como aminas alifáticas volátiles (metilamina, etelamina) o derivados del indol los cuales dan olores a pescado o a heces respectivamente. Con menos frecuencia aun aparecen

sustancias con azufre como el isotiocianato de alilo presente en la mostaza o el disulfuro de alilo en el ajo (Kuklinski, 2000).

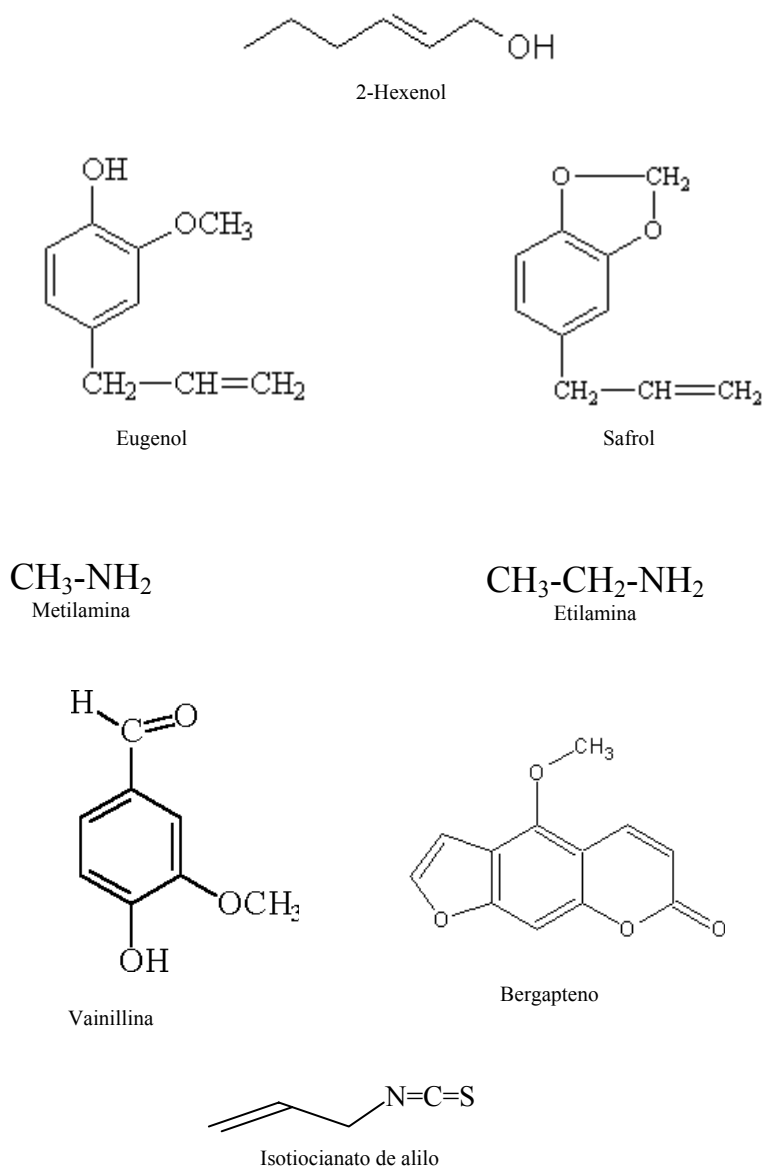


Fig. 1. Algunos componentes no terpenicos presentes en los aceites esenciales.

Moléculas terpenoides

Los terpenoides son, en la mayoría de los casos, los componentes más abundantes en los aceites esenciales y los que les proporcionan sus propiedades más características. Los compuestos terpenicos proceden de la condensación del isopreno (isopentenil difosfato), que son unidades de 5 carbonos (Little & Croteau, 1999).

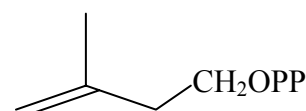


Figura 2. Isopentenil difosfato

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

El número de estructuras terpénicas se ha ido incrementando a gran velocidad, favorecidas por la aplicación de nuevas técnicas y las posibilidades comerciales de dichos productos. Así se ha pasado de 4.000 terpenoides conocidos en 1972 (Devon & Scott, 1972) a unos 34.000 en 1998 (Buckingham, 1998).

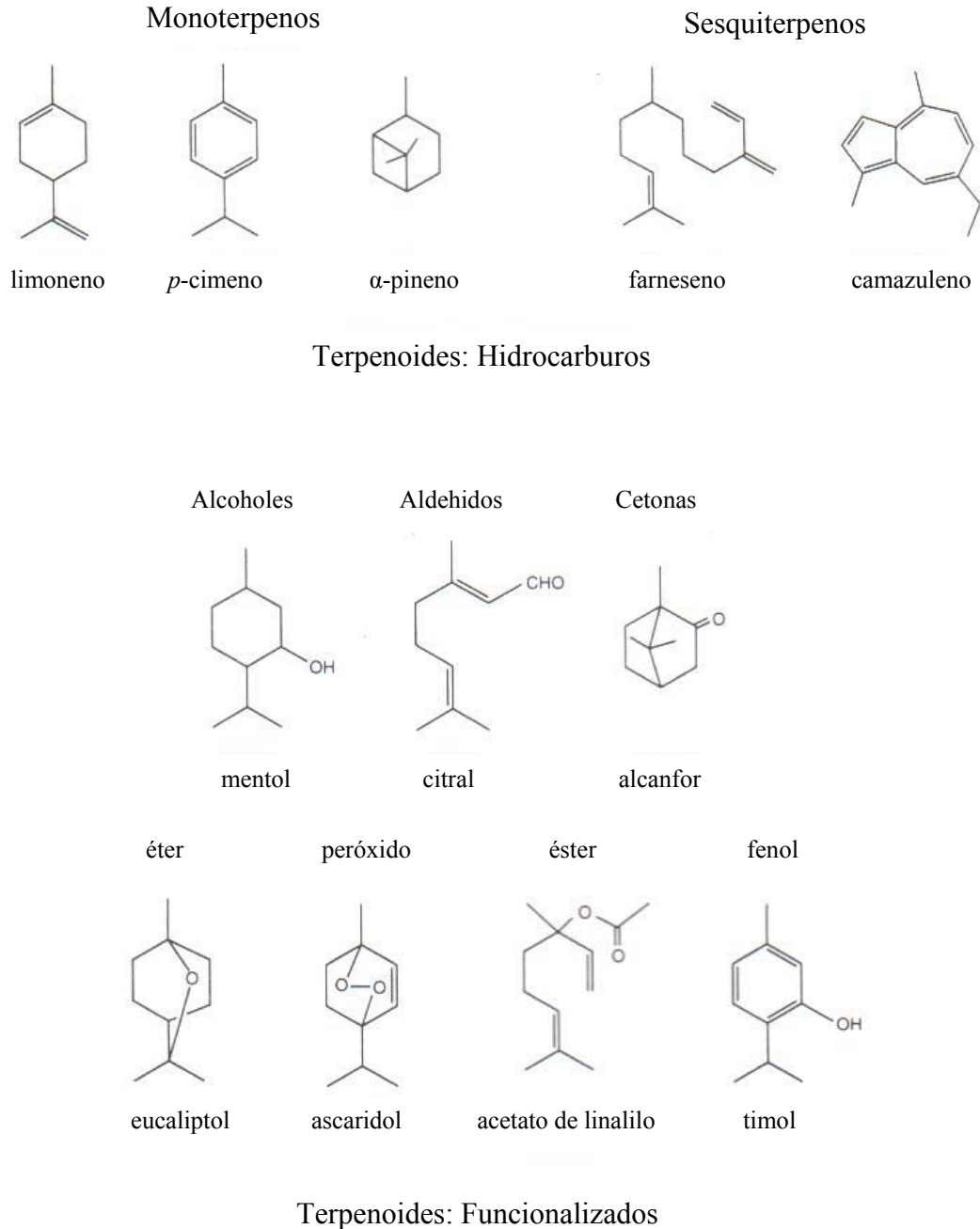


Figura 3. Ejemplos de tepenos presentes en los aceites esenciales.

Los terpenos se clasifican por el número de unidades de 5 carbonos (isopreno) que contengan. Por razones históricas la familia de terpenoides de 10 carbonos se le denomina monoterpenos. A partir de aquí se denominó hemiterpenos a los que poseen 5 carbonos, sesquiterpenos los que tiene 15, diterpenos 20 y así en adelante. A su vez los compuestos terpénicos pueden tener o no oxígeno. Los que no poseen oxígeno se denominan hidrocarburos y son monoterpenos y sesquiterpenos. Los terpenoides que incluyen en su composición oxígeno son terpenos funcionalizados con función alcohol (mentol), fenol (timol), aldehído (citrál), cetona (alcanfor), éter (eucaliptol), éster (Acetato de linalilo) o peróxido (alcaridol) (figura 3) (Kuklinski, 2000; Little & Croteau, 1999)

Las denominadas “reglas del isopreno” enunciadas por Wallach, (1914), que se basan en que la mayoría de los terpenos pueden ser hipotéticamente contruidos por el ensamblaje de unidades de isoprenos fue la hipótesis base para el entendimiento de la síntesis de estos compuestos químicos. Con posterioridad las “reglas biogenéticas del isopreno” (Ruzicka et al., 1953) refinaron los conocimientos anteriores y han proporcionado una herramienta eficaz como modelo de trabajo para el estudio y la biosíntesis de terpenos y la comprensión de los ciclos implicados en la formación de estos componentes químicos (Croteau, 1998). Para establecer el contexto fisiológico de la biosíntesis de los monoterpenos los esfuerzos fueron dirigidos al estudio de alimentación radioisotópica (radioisotopic feeding) alcanzándose conocimientos de gran valor en importantes ciclos (Banthorpe et al., 1972; Cori, 1983; Loomis & Croteau 1973). En la actualidad la aplicación de sistemas biosintéticos de células libre (cell-free biosystematic systems) están dando a conocer ciclos, enzimas y mecanismos de formación de terpenos (Cane, 1998). Con estos nuevos conocimientos se han alcanzado objetivos en la genética molecular de la biosíntesis de los terpenos que permitirán abrir las puertas a la explotación biotecnológica (McCaskill & Croteau, 1997).

Todos los compuestos terpénicos son biosintetizados a partir del isopentenil difosfato (IPP). Dicho componente puede ser formado por 2 rutas. La más conocida de ellas es la denominada Ruta Acetato/Mevalonato. La otro, Ruta Piruvato/Gliceraldehído-3-Fosfato, fue descubierta recientemente.

En la ruta Acetato/Mevalonato (Nes & Mckean, 1977; Gershenzon & Croteau, 1993), tres moléculas de acetil-CoA son fusionadas mediante las enzimas aciltransferasa e hidroximetilglutaril-CoA sintetasa, para producir el compuesto de 6 carbonos hidroximetilglutaril-CoA (HMG-CoA). Éste último (HMG-CoA), es reducido mediante la HMG-CoA reductasa a ácido mevalónico, que es considerado el paso regulatorio de este ciclo. Por último el ácido mevalónico es transformado al isopentenil difosfato (IPP), que como dijimos es un compuesto de 5 carbonos. Esta última transformación se da en un proceso de tres pasos que comprenden dos fosforilaciones catalizadas por mevalonato kinasa y fosfomevalonato kinasa y un paso final de descarboxilación eliminativo (figura 4).

La ruta Piruvato/Gliceraldehido-3-Fosfato (figura 4), es conocido desde hace poco tiempo (Lichtenthaler, 1998). Se caracteriza y diferencia principalmente del ciclo anterior por no tener como intermediario el ácido mevalónico. El paso inicial de este ciclo fue formulado como una reacción transketolásica entre el gliceraldehido-3-fosfato con los carbonos 2 y 3 del piruvato, produciéndose el intermediario 1-deoxi-d-xilulosa-5-fosfato, mediante la enzima deoxixilulosa fosfato sintetasa. El 1-deoxi-d-xilulosa-5-fosfato será transformado, en un segundo paso, a 2-C-metil-d-eritritol-4-fosfato, mediante una reacción catalizada por 1-deoxi-d-xilulosa-5-fosfato reductoisomerasa. No son conocidos los siguientes pasos que nos llevarán a la formación final del isopentil difosfato (IPP), aunque está claro que debe darse reducciones, deshidrataciones y una fosforilación.

Se cree que en el citosol se da predominantemente la ruta Acetato/mevalonato, produciendo isoprenos que serán usados para la biosíntesis de sesquiterpenos, triterpenos y otros isoprenoides citosólicos. Mientras, en los plastidios serán liberados los isoprenos procedentes de la ruta Piruvato/gliceraldehido-3-fosfato y que serán utilizados estos isoprenos para sintetizar monoterpenos, diterpenos y tetraterpenos. De todas formas este contexto es bastante complicado ya que se puede dar, dependiendo del medio u otras circunstancias, intercambio de isoprenos entre el citosol y los plásmidos (Little & Croteau, 1999).

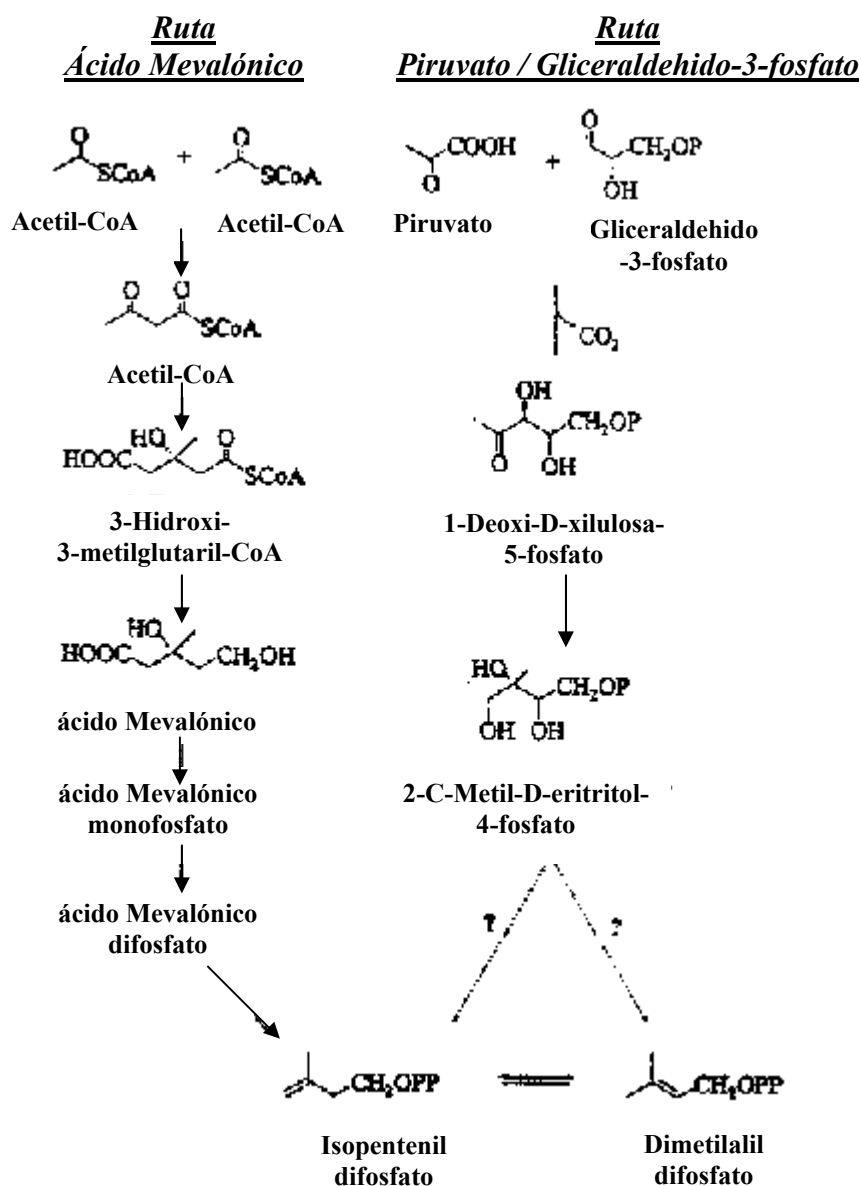


Figura 4. Resumen de la ruta citosólica acetato/mevalonato y la plastidial piruvato/gliceraldehido-3-fosfato hacia el isopentenil difosfato. P y PP indica el fosfato y difosfato respectivamente. CoA indica la Coenzima A.

Una vez fabricado el isopreno el último paso será la biosíntesis de las diferentes familias terpénicas (figura 5). Esta síntesis está basada en reacciones de condensación electrofílica entre una molécula de isopentenil difosfato con una molécula de dimetilalil difosfato, el cual deriva de una isomerización reversible del isopentenil difosfato gracias a la isopentenil isomerasa. De esta forma se sintetiza el geranil difosfato (GPP), compuesto de 10 carbonos, que es el precursor de los monoterpénos. Al adicionar otro isopentenil difosfato al geranil difosfato (GPP) se obtiene farnesil

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

difosfato(FPP), el precursor de los sesquiterpenos y triterpenos, y otra adición de isopentenil difosfato al farsinil difosfato (FPP) dan lugar a geranilgeranil difosfato (GGPP), precursor de diterpenos y tetraterpeno. Las reacciones de condensación electrofílicas antes mencionadas son catalizadas por preniltransferas, llamadas GPP sintetasa, FPP sintetasa y GGPP sintetasa (Gershenzon & Croteau, 1993).

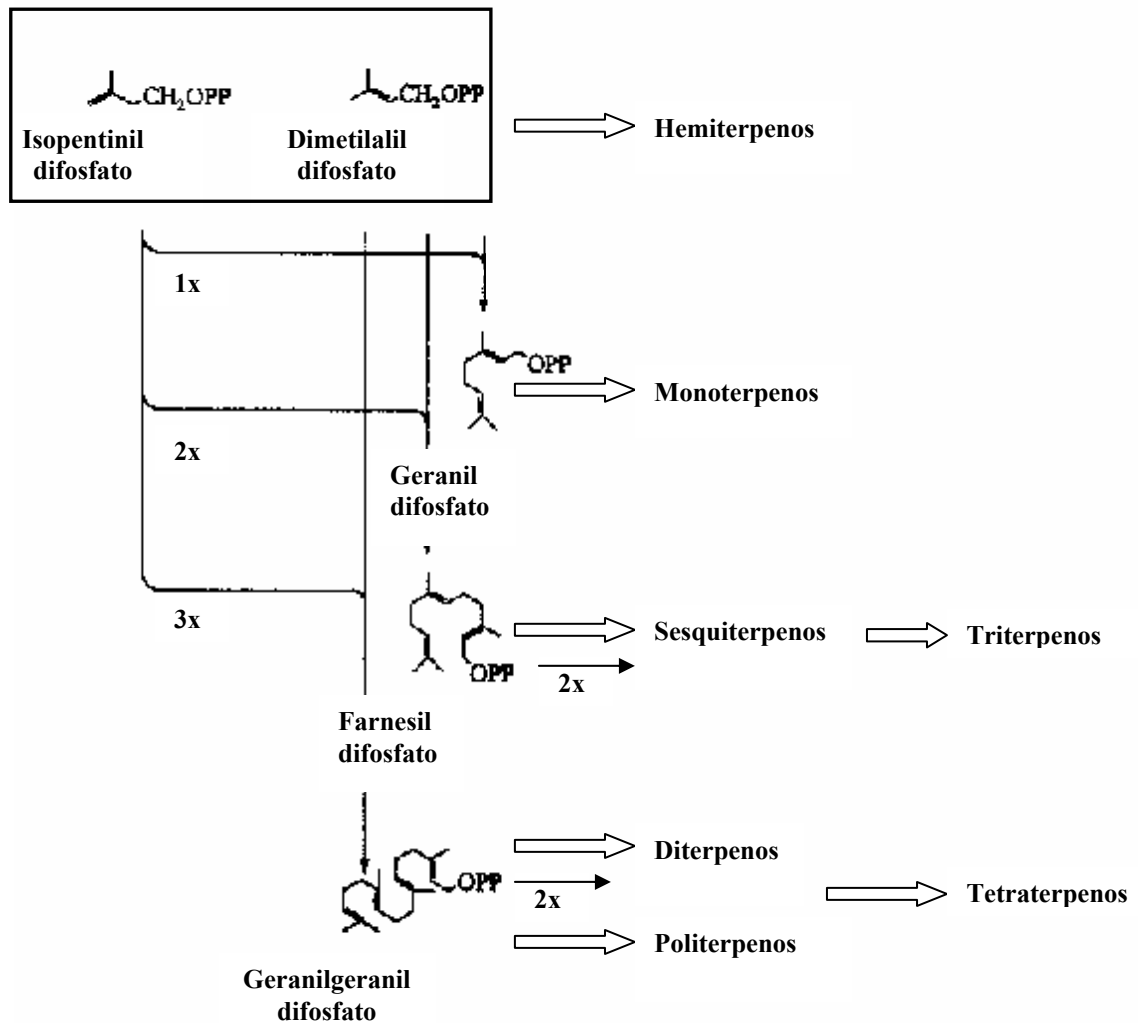


Figura 5. Formación de las diferentes familias de terpenos a través del precursor universal isopentenil difosfato mediante la difosfato isomerasa (encuadrada) y preniltransferasas.

En un principio se les consideró a los terpenos volátiles presentes en los aceites esenciales como productos de deshecho del metabolismo de las plantas (Paech, 1950). Sin embargo, estudios posteriores han dado a estos compuestos volátiles un número importantes de funciones para los seres vegetales que los producen tales como función

comunicadora (atracción de polinizadores), defensa ante insectos herbívoros e incluso función alelopática.

Los aceites esenciales en el género Thymus

Los productos procedentes de la destilación de las plantas ya eran estudiados en la época de la alquimia. El género *Thymus* se conoce desde la antigüedad debido a su buen aroma producido por los componentes volátiles de sus aceites esenciales. Sin embargo, la complejidad de los componentes presentes en estos aceites esenciales hizo que su estudio químico se retrasara hasta los inicios del siglo XX. Así se tiene constancia de estudios de aceite esencial de *Thymus vulgaris*, *Thymus mastichina* y *Thymbra capitata* ya en el primer cuarto del siglo XX (Dorronsoro, 1919).

Los estudios de los aceites esenciales de tomillos han ido incrementándose a lo largo de los últimos 30 años. Dichos trabajos han sido realizados para diferentes especies de este género (Tabla 1).

Existe, para cada uno de los táxones, un estudio cronológico que se suele repetir (Tabla 1). Así, en primer lugar se realizan trabajos, de forma aislada, de análisis de componentes de los aceites esenciales en poblaciones silvestres. A continuación, y tras las pistas dadas en el primer paso, se realizan estudios para la caracterización de quimiotipos, e incluso estudios quimiotáxicos que suelen ser utilizados para la caracterización de individuos, siendo muy útil para el estudio de híbridos. Posteriormente se realizan estudios ecológicos y de factores ambientales que afectan a las producciones, tanto cuantitativa como cualitativamente. Y por último son realizados trabajos de índole anatómico para conocer los órganos encargados de producir los aceites esenciales.

Con la caracterización, cada vez más exacta, de los aceites esenciales (existen trabajos de revisiones bibliográficas), se intuyen las posibles propiedades que estos productos de estas plantas pueden tener. Entre estas propiedades cabe mencionar la actividad antimicrobiana, la cual es testada para una gran variedad de microorganismos. También se suele valorar su acción repelente sobre insectos y su acción alelopática

sobre semillas. Ya en la última fase se valora la capacidad antioxidante de estos productos.

Una vez conocida las propiedades del aceite esencial se pasa al análisis de posibles aplicaciones de estos productos en diferentes campos. Uno de ellos sería la industria alimentaria, pudiéndose aplicar en la conservación de productos por su propiedades antisépticas (mantequilla, frutales) o como aliño (licores, aceitunas, carnes y pescados, antioxidante natural para el aceite de oliva). La industria de la cosmética utiliza estos productos (perfumes, cremas..). Los conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo en aceites esenciales, han sido aplicados para las búsquedas de utilidades de carácter farmacológico. Entre estas aplicaciones cabe mencionar las propiedades antisépticas, curación de quemaduras, actividad espasmolítica, efectos antiinflamatorios y la capacidad antimutagénica (vd. Tabla 1).

Paralelamente se hacen cada vez más necesarios los estudios dirigidos a la “domesticación” de este grupo de plantas dada la prohibición de recolección de material silvestre y las necesidades para la industria de unas producciones más seguras. Así los ensayos de propagación, riego o tipos de suelo para el cultivo aparecen bastante en la bibliografía. También se está avanzando en los estudios de diferentes métodos de extracción, tanto para la obtención de mayores producciones como para la mejor identificación de componentes. Incluso se han realizado algunos trabajos de carácter genético sobre los tomillos. La importancia a nivel industrial ha alcanzado altas cotas y se han realizados trabajos económicos y de marketing en diferentes países (vd. Tabla 1).

Pero a pesar de los avances y aplicaciones mencionados cabe decir que no todas las especies han sido estudiadas de la misma manera. Así *Thymus vulgaris* puede considerarse el tomillo más conocido y sobre el cual se han aplicado la práctica totalidad de los estudios antes mencionados y, a pesar de ser la más conocida, es sobre la que más se sigue trabajando (véanse en la Tabla 1, que contiene 7 citas de *Th. vulgaris* para 2004). En el otro extremo podemos encontrar especies de las que no se han encontrado publicaciones sobre la composición química de su aceite esencial, como es el caso de algunas de las analizadas por nosotros.

Antecedentes de estudios para las especies incluídas en la presente Memoria Doctoral

Thymbra capitata

La composición química del aceite esencial de poblaciones silvestres en esta especie ha sido analizada en material de diversas procedencias (Papageorgiou, 1980,1981; Solinas et al. 1981; Fleisher et al., 1984; Kaniyas & Loukis, 1987; Ruberto et al., 1992; Lawrence, 1995; Tateo et al., 1996; 1997), habiéndose realizado en ocasiones análisis interpoblacionales (Kokkini & Vokou, 1989; Kaniyas & Loukis,1992).

También han sido realizados estudios sobre las variaciones del aceite esencial a lo largo del ciclo vegetativo (Fleisher et al. 1984; Falchi- Delitala et al. 1983; Kustrak et al., 1990) y estudios a lo largo de dos años (Arras & Grella, 1992).

En ella han sido testadas las propiedades alelopáticas (Vokou & Margeris,1986; Thanos et al., 1995), antisépticas y antimicrobianas (Benouda et al., 1988; Arras et al., 1993; Biondi et al., 1993; Kadil et al., 1994; Arras & Grella, 1992; Arras et al., 1995; Cosentino et al.,1999; Arras & Usai, 2001), y antioxidantes (Miguel et al., 2003). Incluso se dispone de alguna información sobre el mercado de sus aceites esenciales (Tateo et al. 1992).

Sin embargo de esta especie hay escasos trabajos de poblaciones españolas, de cultivo y de análisis de los rendimientos.

Thymus caespitiuus

Especie de la que sólo se conocen trabajos de poblaciones silvestres, donde ha salido a relucir el carácter de polimorfismo químico (Salgueiro et al., 1997; Pereira et al., 2000; Pereira et al., 2003).

Existen escasas poblaciones testadas en la Península Ibérica (Seoane et al. 1972; Morales, 1986) y se desconocen las propiedades que los aceites esenciales de esta especie puedan tener.

Thymus mastichina

Esta especie, ampliamente distribuida por el territorio peninsular y que es endémica de este territorio, ha sido testada en un buen número de localidades, habiéndose localizado diferentes quimiotipos (Frazão et al (1972); Adzet et al. (1977); García et al. (1984); Carvalho (1994); Tomei et al. (1995); Salgueiro et al. (1997)). Existe algún trabajo sobre esta especie que analiza los aceites esenciales a lo largo del ciclo vegetativo (Miguel et al. 1999; Arraiza et al. 2001). Y, en la actualidad se están analizando diferentes propiedades atribuidas a estas plantas tales como la actividad antimicrobiana (Faleiro et al. 1999; Pina-Vaz et al. 2004) y la actividad antioxidante (Faleiro et al. 2003; Miguel et al. 2003).

Thymus praecox* subsp. *penyalarensis

De esta subespecie endémica del Sistema Central se desconocen trabajos relacionados con su composición química. Si se conocen trabajos de otras subespecies distribuidas por el Norte y Centro de Europa. Así se dispone de información de la composición química de poblaciones silvestres de *Th. praecox* subsp. *arcticus* (Stahl 1984a, b; 1986) y *Thymus praecox* subsp. *polytrichus* (Bischof-Deichnik et al. 2000). En estos análisis se observó el carácter polimórfico de los aceites esenciales en diferentes localidades.

Thymus pulegioides

Thymus pulegioides es una especie ampliamente distribuida por el continente europeo, y el análisis de sus aceites esenciales en poblaciones silvestres ha sido realizado en varios países: Croacia (Kustrak & Martinis, 1990); Noruega (Stahl-Biskup,

1985); República Eslovaca (Mastelic et al. 1992; Mártonfi, 1992); Lituania (Mockute & Bernotiene, 1999; 2001). Sin embargo, se desconocen aportaciones científicas de poblaciones procedentes de la Península Ibérica.

Th. villosus* subsp. *lusitanicus

Especie cuya distribución está restringida a la Estremadura portuguesa y Beira Litoral y a zonas muy concretas de Ciudad Real, Toledo y Cáceres, y que la composición química de sus aceites, aunque se ha analizado (Pérez Alonso & Velasco Negueruela, 1984; Salgueiro, 1992; Carvalho 1994; Salgueiro et al. 2000, 1997), no se ha profundizado en sus propiedades.

***Thymus zygis* (s.l.)**

La especie *Th. zygis*, que se encuentra ampliamente distribuida por la Península Ibérica, posee 3 subespecies: subsp. *zygis*, subsp. *gracilis* y subsp. *sylvestris*. Todas ellas han sido analizadas desde el punto de vista de los aceites esenciales en poblaciones silvestres, observándose quimiotipos diferentes para cada una de estas subespecies (Richard et al. 1985; Velasco Negueruela & Pérez Alonso, 1985; 1990; Sáez, 1995; Rodrigues et al. 1987; Salgueiro & Cunha 1987; Cunha et al. 1991; Moldão-Martins et al. 1999; Salgueiro et al. 1993; Carvalho, 1994).

Se dispone de información acerca del cultivo de estas especies (Sánchez et al. 1995; Sotomayor et al. 2004). Además se tiene constancia de la actividad antimicrobiana (Tantaoui et al. 1993; Pina-Vaz et al. 2004) y antioxidante que presenta *Th. zygis* (Jiménez et al. 1993).

Factores que condicionan la producción de aceites esenciales

Varios y complejos son los factores que influyen en la variabilidad de los aceites esenciales. Uno de ellos es la existencia de quimiotipos o razas químicas, que es un

carácter muy frecuente en las especies que poseen aceites esenciales. Podemos definir quimiotipo como un conjunto de poblaciones de una especie que se caracterizan por poseer en común la producción de unos determinados componentes químicos. Así especies como *Thymus vulgaris* poseen siete quimiotipos diferentes reconocidos.

La influencia del ciclo vegetativo puede ser de gran interés ya que este factor afecta en gran manera la composición cuantitativa, e incluso cualitativa del aceite esencial de una especie. También influye en la producción de los aceites esenciales en las plantas los factores extrínsecos. Esto se hace aún más patente en especies que poseen estructuras histológicas superficiales para la producción y almacenamiento de los aceites esenciales. Por lo tanto, la temperatura, humedad relativa, duración total de la insolación o el régimen de los vientos deben ser considerados a la hora de realizar cualquier tipo de interpretación. Es, por lo tanto, obvio que los valores de rendimiento y composición de un aceite puede verse modificado por las condiciones en que se realice un cultivo de alguna especie productora.

Los procesos de obtención de aceites esenciales, además de ser muy variados, pueden afectar a la composición de sus componentes, debido principalmente al carácter lábil de ellos. Así, la hidrodestilación, que es uno de los procesos menos drásticos de obtención de aceites, puede inducir la hidrólisis de los ésteres y también reagrupamientos, isomerizaciones, racemizaciones, oxidaciones, etc., causada por el agua, la acidez o la temperatura de este proceso. El estado en el que se encuentra la materia prima en el momento de la extracción puede influir también en la composición, por lo que será importante las condiciones de almacenamiento y preparación del material. Además se sabe que la cinética de destilación no es la misma para todos los componentes de los aceites esenciales, es decir, que la composición del destilado varía en función del tiempo.

Por todo lo dicho anteriormente será de gran importancia para la caracterización del producto y su constancia el estudiar, definir y controlar el mayor número posible de parámetros (Bruneton, 2001).

En el caso concreto de los tomillos, se conocen publicaciones relativas a la influencia de los parámetros de cultivo en la producción de aceite esencial. Tal es el caso de los trabajos de Torrente (1985), Sefidkon et al. (2001), Jordan et al. (2003),

Maitai et al. (1981), Olszowska & Furmanowa (1987), Libbey & Sturtz (1990), Rey (1991), Shalaby & Razin, (1992), Maksimovic te al. (1993), Piccaglia & Marotti (1993), Rometsch et al. (1993), Ceylan et al. (1994), Douglas et al. (1994), Letchamo et al. (1994), Letchamo & Gosselin (1995), Mohamed (1997), Delpit et al. (2000), Baranauskiene et al. (2003) y Sánchez et al. (1995).

También existe abundante información sobre la influencia del ciclo vegetativo, gracias a las aportaciones de Falchi- Delitala et al. (1983), Kustrak et al. (1990), Arras & Grella (1992), Miguel et al. (1999), Figueiredo et al. (1993), Marhuenda & Alarcón (1986), Sefidkon et al. (2001), Cabo et al. (1987), Sefidkon et al. (1999), Figueiredo et al. (1993,2001), Miguel et al. (1999), McGimpsey et al. (1994), Senatore (1996) y Hudaid (2002). Similar comentario puede hacerse en lo relativo a la ecología (Mártonfi et al. 1996; Boira & Blanquer, 1998; Mastelic et al. 1992; Yamaura et al. 1989; Yamaura et al. 1992; Letchamo et al. 1996; Li et al. 1996) y a los procesos de obtención (vg. Pino, 1999; Gioannis et al. 2001; Sefidkon et al. 1999; Bestmann et al. 1985; Dries et al. 1989; Deans & Svoboda, 1992).

Respecto al conocimiento de quimiotipos, es destacable dar a conocer las interesantes aportaciones publicadas que aparecen la Tabla 1, relativas a diferentes especies de tomillos.

Objetivos del trabajo

Sobre la base de todo lo anterior, se plantea en el presente trabajo la valoración de la producción de aceites esenciales de poblaciones silvestres de tomillos extremeños, con los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar cuantitativa y cualitativamente la composición química de sus aceites esenciales

- Comparar la producción cuantitativa y cualitativa de aceites esenciales entre distintas especies, entre distintas poblaciones, entre material silvestre y material cultivado y en diferentes estados de la planta (floración y fructificación).

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 1. Antecedentes bibliográficos de los aceites esenciales de tomillos. En **negrita** especies presentes en la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Taxon	Procedencia del material	Objetivos del estudio	Autor (año)
<i>general</i>	Albania	Estudio general de los tomillos y sus aceites esenciales de Albania	Asllani (1973)
<i>general</i>	España	Estudo comparativo de los aceites esenciales de diferentes especies de tomillos	Reverth (1975)
<i>general</i>	Francia	Estudio taxonómico mediante genética	Elena-Roselló (1976)
<i>general</i>	U.R.S.S.	Estudio general de los tomillos y sus aceites esenciales	Novruzova et al. (1977)
<i>general</i>	España	Aprovechamiento y cultivo de tomillos	Torrente (1985)
<i>general</i>	Marruecos	Composición química de los aceites de varias especies	Benjilali et al.(1987a)(1987b)
<i>general</i>	Austria	Liofilización de tomillos y salvias	Bend et al. (1988)
<i>general</i>	Reino Unido	Estudios de producción, económicos y comerciales de plantas culinarias	Dumville (1988)
<i>general</i>	Egipto	Uso de los aceites esenciales como conservador natural de mantequilla	Farag et al. (1988)
<i>general</i>	Israel	Propagación de plantas aromáticas mediante diferentes técnicas.	Raviv & Putievsky (1988)
<i>general</i>	Indonesia	Estudio del comercio de los aceites esenciales en Indonesia	Rusli & Wahid (1990)
<i>general</i>	Alemania	Revisión bibliográfica de la composición química de los aceites esenciales	Stahl-Biskup (1991)
<i>general</i>	España	Posibilidades de cultivo de tomillos de la Península Ibérica	Sánchez et al. (1992)
<i>general</i>	Francia	Variabilidad aceites esenciales de poblaciones silvestres de <i>Teucrium puechiae</i>	Allain et al. (1994)
<i>general</i>	Rep. Eslovaca	Ecología de los tomillos y estructura de los suelos donde se asientan	Mártonfi et al. (1996)
<i>general</i>	España	Producción histórica de aceites esenciales de labiadas en España	Miralles (1998)
<i>general</i>	EE.UU	Variación de monoterpenos en <i>Satureja douglasii</i>	Peer & Langenheim (1998)
<i>general</i>	Italia	Estudio quimiotaxonómico mediante Análisis de Cluster (<i>Origanum vulgare</i>)	Russo et al. (1998)
<i>general</i>	Grecia	Acción repelente del aceite esencial de orégano.	Vokou et al. (1998)
<i>general</i>	Cuba	Métodos de obtención de aceites esenciales y estudios cualitativos y cuantitativos	Pino (1999)
<i>general</i>	Turquía	Papel del aceite esencial en la curación de quemaduras	Dursum et al. (2003)
<i>general</i>	España	Aprovechamiento forestal y agricultura ecológica de plantas aromáticas y medicinales	Herreros et al. (2001)
<i>Thymbra capitata</i>	Portugal	Análisis del aceite esencial	Abreu (1952)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Identificación de componentes de los aceites esenciales	Papageorgiou (1980)
<i>Thymbra capitata</i>	España	Análisis de compuestos fenólicos	Sendra & Cuñat (1980)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Identificación de componentes de los aceites esenciales	Papageorgiou et al (1981)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Identificación y separación de isómeros fenólicos (timol y carvacrol)	Solinas et al. (1981)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Variación del aceite esencial a lo largo del ciclo vegetativo de la planta	Falchi- Delitala et al. (1983)
<i>Thymbra capitata</i>	Israel	Composición de aceite esencial de población silvestre	Fleisher et al. (1984)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Alelopatía de los aceites esenciales	Vokou & Margeris (1986)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Determinación de elementos traza y aceite esencial	Kanias & Loukis (1987)
<i>Thymbra capitata</i>	Marruecos	Propiedades antisépticas de los aceites esenciales	Benouda et al.(1988)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Composición de aceite esencial de muchas poblaciones silvestres	Kokkini & Vokou (1989)
<i>Thymbra capitata</i>	Croacia	Composición de aceite esencial de población silvestre en dos fechas diferentes.	Kustrak et al. (1990)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Composición aceite esencial de población silvestre en 2 años. Actividad antimicrobiana.	Arras & Grella (1992)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Aspectos cualitativos, sanitarios y de mercado de los aceites esenciales	Tateo et al. (1992)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Ruberto et al. (1992)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Composición de aceite esencial de muchas poblaciones silvestres	Kanias & Loukis (1992)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Actividad antimicrobiana y su aplicación para el control de microorganismos en frutas.	Arras et al. (1993)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Aceite esencial de población silvestre y estudio de su actividad antimicrobiana	Biondi et al. (1993)
<i>Thymbra capitata</i>	EE.UU	Actividad antimicrobiana de extractos y fracciones	Kadil et al. (1994)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Actividad antimicrobiana del aceite esencial	Arras et al. (1995)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Efecto del aceite esencial en la germinación. Actividad alelopática	Thanos et al. (1995)
<i>Thymbra capitata</i>	EE.UU	Estudio de aceite esencial	Lawrence (1995)
<i>Thymbra capitata</i>	Grecia	Composición y distribución enantiomérica de componentes monoterpeno.	Tateo et al. (1996; 1997)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Actividad antimicrobiana de aceite esencial	Cosentino et al. (1999)
<i>Thymbra capitata</i>	EE.UU	Estudio de aceite esencial	Lawrence (1999)
<i>Thymbra capitata</i>	Italia	Actividad antimicrobiana en la postcosecha de fruta del aceite esencial	Arras & Usai (2001)
<i>Thymbra capitata</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre y su actividad antioxidante	Miguel et al. (2003)
<i>Thymus aestivus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Adzet et al. (1988)
<i>Thymus albicans</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Salgueiro et al. (1997)
<i>Thymus albicans</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y su actividad antimicrobiana	Faleiro et al. (1999)
<i>Thymus albicans</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres en diferente estado vegetativo	Miguel et al. (1999)
<i>Thymus albicans</i>	Portugal	Composición aceite esencial de población silvestre. Evaluación de actividad antioxidante	Miguel et al. (2003)
<i>Thymus alpestris</i>	Rep. Eslovaca	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Polimorfismo químico	Mártonfi (1992)
<i>Thymus antoninae</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Vila et al. (1991)

Tabla 1. Continuación.

<i>Thymus antoninae</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Cañigual et al. (1994)
<i>Thymus x arandanus</i>	España	Estudio de aceite esencial de híbrido y de sus parentales	Soriano et al. (1997)
<i>Thymus baeticus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Adzet et al. (1988)
<i>Thymus baeticus</i>	España	Actividad espasmolítica del aceite esencial en ratones.	Cruz et al. (1989)
<i>Thymus baeticus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre.	Cabo et al. (1990)
<i>Thymus baeticus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre. Actividad antimicrobiana	Cruz et al. (1993)
<i>Thymus baeticus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Sáez (1999)
<i>Thymus borgiae</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre.	Blázquez et al. (1990)
<i>Thymus bornmuelleri</i>	Turquía/EEUU	Composición de aceite esencial de población silvestre	Baser et al. (1993)
<i>Thymus bovei</i>	Egipto	Composición de aceite esencial de población silvestre. Actividad antimicrobiana.	Aboutabl et al. (1986)
<i>Thymus broussonetii</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Richard et al. (1985)
<i>Thymus broussonetii</i>	Marruecos	Actividad antioxidante de extractos de tomillo	Ismaili (1988)
<i>Thymus broussonetii</i>	Marruecos	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales	Tantaoui et al. (1993)
<i>Thymus broussonetii</i>	Marruecos	Aceite esencial como antioxidante natural para el aceite de olivo	Charai et al. (1999)
<i>Thymus caespitiatus</i>	España	Estudio de componentes volátiles	Seoane et al. (1972)
<i>Thymus caespitiatus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Polimorfismo químico	Salgueiro et al. (1997)
<i>Thymus caespitiatus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Polimorfismo químico	Pereira et al. (2000)
<i>Thymus caespitiatus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Polimorfismo químico	Pereira et al. (2003)
<i>Thymus camphoratus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1987)
<i>Thymus camphoratus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Adzet et al. (1988)
<i>Thymus camphoratus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1990)
<i>Thymus camphoratus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Salgueiro (1992)
<i>Thymus camphoratus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Salgueiro et al. (1997)
<i>Thymus camphoratus</i>	Portugal	Actividad antioxidante y composición química del aceite esencial	Faleiro et al. (2003)
<i>Thymus capitellatus</i>	Portugal/España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Velasco et al. (1991)
<i>Thymus capitellatus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Salgueiro (1992)
<i>Thymus capitellatus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre en diferentes épocas del año	Figueiredo et al. (1993)
<i>Thymus cariensis</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Baser et al. (1992)
<i>Thymus corifolius</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov (1988)
<i>Thymus carnosus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre. Estudio a lo largo 12 meses.	Marhuenda & Alarcón (1986)
<i>Thymus carnosus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre. Elementos traza.	Marhuenda et al. (1987)
<i>Thymus carnosus</i>	España	Flavonas aisladas de población silvestre	Marhuenda et al. (1987)
<i>Thymus carnosus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1990)
<i>Thymus carnosus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres.	Salgueiro et al. (1995)
<i>Thymus carnosus</i>	Iran	Composición de aceite esencial de cultivo en diferentes épocas del año.	Sefidkon et al. (2001).
<i>Thymus carnosus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre y su actividad antioxidante	Miguel et al. (2003)
<i>Thymus cilicicus</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de población silvestre	Tumen et al. (1994)
<i>Thymus dagestanus</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov & Davidenko (1985)
<i>Thymus eigii</i>	Turquía	Actividad antimicrobiana y antioxidante de aceite esencial y de varios extractos.	Tepe et al. (2004)
<i>Thymus x enicensis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Sáez (1995)
<i>Thymus fomini</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Gadzhieva & Kasumov (1988)
<i>Thymus fontanesii</i>	Iran (Argelia)	Composición de aceite esencial de población silvestre	Ghannadi et al. (2004)
<i>Thymus funkii</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Vila et al. (1995)
<i>Thymus funkii</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Adzet et al. (1999)
<i>Thymus glabrescens</i>	Croacia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Kustrak et al. (1990)
<i>Thymus glandulosus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Adzet et al. (1989)
<i>Thymus glandulosus</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial y su actividad antimicrobiana	Bouchra et al. (2003)
<i>Thymus godayanus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Blázquez & Zafrá-Polo (1989)
<i>Thymus granatensis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Cabo et al. (1986)
<i>Thymus hadzhievii</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Gadzhieva & Kasumov (1988)
<i>Thymus haussknechtii</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Baser et al. (1992)
<i>Thymus herba-barona</i>	Italia	Variación del aceite esencial a lo largo del ciclo vegetativo de la planta	Falchi-Delitala et al. (1983)
<i>Thymus herba-barona</i>	Francia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Corticchiato et al. (1998)
<i>Thymus herba-barona</i>	Italia	Aislamiento de compuestos volátiles mediante la extracción por fluido supercrítico	Gioannis et al. (2001)
<i>Thymus herba-barona</i>	Italia	Efecto de los aceites esenciales en el estado larvario de insectos	Moretti (2002)
<i>Thymus hyemalis</i>	España	Variación del rendimiento y la composición del aceite esencial en el ciclo vegetativo	Cabo et al. (1987)
<i>Thymus hyemalis</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Jiménez et al. (1989)
<i>Thymus hyemalis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Sáez (1995)
<i>Thymus hyemalis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Sáez (1998)
<i>Thymus hyemalis</i>	España	Efecto del riego en cultivo sobre el rendimiento y composición del aceite esencial	Jordan et al. (2003)

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 1. Continuación.

<i>Thymus karamanianicus</i>	URSS	Composición química de aceite esencial	Kasumov & Farkhadova (1987)
<i>Thymus kotschyanus</i>	URSS	Composición química y propiedades farmacológicas y toxicológicas de los ae.	Kulieva et al. (1979).
<i>Thymus kotschyanus</i>	Irán	Composición química en diferentes épocas del año y con distintos métodos de destilación	Sefidkon et al. (1999)
<i>Thymus kotschyanus</i>	Irán	Composición de aceite esencial y actividad antimicrobiana	Rasooli et al. (2003)
<i>Thymus krylovii</i>	URSS	Composición química del aceite esencial	Tikhonov et al. (1989)
<i>Thymus lacaitae</i>	España	Estudio taxonómico mediante datos de composición de aceite esencial	García & García (1984)
<i>Thymus lacaitae</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Velasco & Pérez (1985)
<i>Thymus leptophyllus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Zafra et al. (1988)
<i>Thymus leptophyllus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Blázquez et al. (1989)
<i>Thymus leucostemus</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de población silvestre	Baser et al. (1992)
<i>Thymus longicaulis</i>	Croacia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Kustrak et al. (1990)
<i>Thymus longicaulis</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Baser et al. (1992)
<i>Thymus longicaulis</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Tres quimiotipos	Baser et al. (1993)
<i>Thymus longicaulis</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Actividad antimicrobiana	Azaz et al. (2004)
<i>Thymus longiflorus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Cabo et al. (1988)
<i>Thymus longiflorus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	García et al. (1988)
<i>Thymus longiflorus</i>	España	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales.	Cruz et al. (1989)
<i>Thymus longiflorus</i>	España	Acción espasmolítica de los aceites esenciales en ratones.	Zaruelo et al. (1989)
<i>Thymus loscosii</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1990)
<i>Thymus lotocephalus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Salgueiro (1992)
<i>Thymus lotocephalus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre en diferentes épocas del año	Figueiredo et al. (1993)
<i>Thymus lotocephalus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Salgueiro et al. (2000)
<i>Thymus lotocephalus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre en diferentes épocas del año	Figueiredo et al. (2001)
<i>Thymus lotocephalus</i>	Portugal	Actividad antioxidante y composición química del aceite esencial	Faleiro et al. (2003)
<i>Thymus maroccanus</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Richard et al. (1985)
<i>Thymus marschallianus</i>	URSS	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Dembitskii et al. (1986)
<i>Thymus marschallianus</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov (1988)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Frazão et al. (1972)
<i>Thymus mastichina</i>	España	Estudio desde diversos puntos de vista del aceite esencial	Gaviña-Múgica et al. (1974)
<i>Thymus mastichina</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Adzet et al. (1977)
<i>Thymus mastichina</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	García et al. (1984)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Carvalho (1994)
<i>Thymus mastichina</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Tomei et al. (1995)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Salgueiro et al. (1997)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y de cultivos con fertilización	Miguel et al. (1999a)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres en diferente estado vegetativo	Miguel et al. (1999b)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de varias poblaciones y estudio actividad antimicrobiana	Faleiro et al. (1999)
<i>Thymus mastichina</i>	España	Relación entre rendimiento y composición química a lo largo del ciclo vegetativo	Arraiza et al. (2001)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Actividad antioxidante y composición química del aceite esencial	Faleiro et al. (2003)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre y su actividad antioxidante	Miguel et al. (2003)
<i>Thymus mastichina</i>	Portugal	Actividad antimicrobiana de aceite esencial y sus componentes principales.	Pina-Vaz et al. (2004)
<i>Thymus mastigophorus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1990)
<i>Thymus membranaceus</i>	España	Actividad espasmolítica del aceite esencial	Zaruelo et al. (1987)
<i>Thymus mongolicus</i>	China	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Fang et al. (1988)
<i>Thymus moroderi</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Adzet et al. (1989)
<i>Thymus moroderi</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Cañigual et al. (1994)
<i>Thymus x mourae</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Salgueiro et al. (2000)
<i>Thymus x monrealensis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Sáez (1995)
<i>Thymus nummularius</i>	URSS	Composición de aceite esencial de población silvestre	Kasumov et al. (1983)
<i>Thymus orospedanus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Velasco & Pérez (1985)
<i>Thymus orospedanus</i>	España	Composición de aceite esencial de población silvestre	Crespo et al. (1986)
<i>Thymus pallidus</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Richard et al. (1985)
<i>Thymus pastorales</i>	URSS	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov & Davidenko (1985)
<i>Thymus pectinatus</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Baser et al. (1992)
<i>Thymus pectinatus</i>	Turquía	Actividad antimicrobiana y antioxidante del aceite esencial	Valdar-Unlu (2003)
<i>Thymus persicus</i>	Irán	Composición de aceite esencial y actividad antimicrobiana	Rasooli et al. (2003)
<i>Thymus piperilla</i>	España	Producción de plántulas y rendimientos de los aceites esenciales	Saez et al. (1994)
<i>Thymus piperilla</i>	España	Factores ambientales que afectan en la composición química de poblaciones silvestres	Blanquer et al. (1998)
<i>Thymus piperilla</i>	España	Factores ambientales que afectan en la composición química de poblaciones silvestres	Boira & Blanquer (1998)

Tabla 1. Continuación.

<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>arcticus</i>	Groenlandia	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Stahl (1984)
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>arcticus</i>	Islandia	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Stahl (1984)
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>arcticus</i>	Noruega	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Stahl (1986)
<i>Thymus praecox</i>	Turquía	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Baser et al. (1996)
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i>	Austria, Italia	Composición química de aceite esencial de poblaciones silvestres y análisis estadístico	Bischof-Deichnik et al. (2000)
<i>Thymus pubescens</i>	Irán	Actividad antibacteriana antes y durante el periodo de floración	Rasooli & Mirmostafa (2002)
<i>Thymus pulegioides</i>	Checoslovaquia	Estudio quimiotaconómico	Wiesner et al. (1981)
<i>Thymus pulegioides</i>	Checoslovaquia	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Wiesner et al. (1984)
<i>Thymus pulegioides</i>	Noruega	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Stahl-Biskup (1985)
<i>Thymus pulegioides</i>	Croacia	Composición de aceite esencial de 3 poblaciones silvestres	Kustrak & Martinis (1990)
<i>Thymus pulegioides</i>	Rep. Eslovaca	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Mártonfi (1992)
<i>Thymus pulegioides</i>	Croacia	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. 2 años de estudio	Mastelic et al. (1992)
<i>Thymus pulegioides</i>	Rep. Eslovaca	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Mártonfi et al. (1994)
<i>Thymus pulegioides</i>	Lituania	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Mockute & Bernotiene (1999)
<i>Thymus pulegioides</i>	Lituania	Composición química de aceites esenciales de poblaciones silvestres. Quimiotipo	Mockute & Bernotiene (2001)
<i>Thymus pulvinatus</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Actividad antimicrobiana	Azaz et al. (2004)
<i>Thymus quinquecostatus</i>	Japón	Composición química de aceite esencial	Kameoka et al. (1973)
<i>Thymus quinquecostatus</i>	China	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Fang et al. (1988)
<i>Thymus quinquecostatus</i>	China	Composición química del aceite esencial	Chen (2001)
<i>Thymus rariflorus</i>	URSS	Composición química del aceite esencial	Kasumov (1980)
<i>Thymus revolutus</i>	Turquía	Actividad antimicrobiana y componentes del aceite esencial	Karaman et al. (2001)
<i>Thymus riararum</i>	Marruecos/España	Composición química del aceite esencial de población silvestre	Iglesias et al. (1991)
<i>Thymus saturoioides</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Miquel et al. (1976)
<i>Thymus saturoioides</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Richard et al. (1985)
<i>Thymus saturoioides</i>	Marruecos	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales	Tantaoui et al. (1993)
<i>Thymus saturoioides</i>	Marruecos	Actividad anti-inflamatoria (in vivo) y antioxidante (in vitro) de extractos de hojas	Ismaili et al. (2004)
<i>Thymus schimperii</i>	Etiopía	Composición de aceite esencial de población silvestre y sus usos indígenas	Demissew (1993)
<i>Thymus sepylloides</i>	España	Composición química del aceite esencial de población silvestre	Crespo et al. (1988)
<i>Thymus sepylloides</i>	España	Actividad antimicrobiana del aceite esencial	Crespo et al. (1990)
<i>Thymus sepylloides</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Quimiotipos y rendimientos	Arrebola et al. (1995)
<i>Thymus sepylloides</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Quimiotipos y rendimientos	Arrebola et al. (1997)
<i>Thymus sepylloides</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Quimiotipos diferentes.	Saez (2001)
<i>Thymus serpyllum</i>	EE.UU	Estudio del aceite esencial	Lawrence (1981)
<i>Thymus serpyllum</i>	Italia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Zucca (1986)
<i>Thymus serpyllum</i>	Armenia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Avetisyan et al. (1988)
<i>Thymus serpyllum</i>	Pakistán	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Quimiotipos diferentes.	Khan et al. (1988)
<i>Thymus serpyllum</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Tolok & Artemchenko (1989)
<i>Thymus serpyllum</i>	Finlandia	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Stahl et al. (1990)
<i>Thymus serpyllum</i>	Finlandia	Composición química de aceite esencial de especies silvestres. Polimorfismo químico	Stahl et al. (1990)
<i>Thymus serpyllum</i>	Pakistán	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Sattar et al. (1991)
<i>Thymus serpyllum</i>	EE.UU	Determinación de monoterpenos en plantas medicinales	Sur et al. (1991)
<i>Thymus serpyllum</i>	Rusia	Composición y propiedades (perfumes, cosmética, culinaria, licor de vodka...)	Kalinkina et al. (1994)
<i>Thymus serpyllum</i>	Lituania	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Lozienė et al. (1998)
<i>Thymus serpyllum</i>	Irán	Actividad antibacteriana antes y durante el periodo de floración	Rasooli & Mirmostafa (2002)
<i>Thymus serpyllum</i>	Estonia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Raal et al. (2004)
<i>Thymus sibthorpii</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Baser et al. (1992)
<i>Thymus spinulosus</i>	Italia	Composición de aceite esencial y actividad antimicrobiana	De Feo et al. (2003)
<i>Thymus striatus</i>	Grecia	Composición de aceite esencial de población silvestre y su actividad antimicrobiana	Couladis et al. (2004)
<i>Thymus syriacus</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de población silvestre	Tumen & Baser (1994)
<i>Thymus tilfilisensis</i>	Rusia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov (1988)
<i>Thymus tosevii</i>	Grecia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Katsiotis & Iconomou (1986)
<i>Thymus transcaucasicus</i>	URSS	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Kasumov (1988)
<i>Thymus trautvetteri</i>	URSS	Composición de aceite esencial de población silvestre	Ismailov et al. (1981)
<i>Thymus trautvetteri</i>	URSS	Composición de aceite esencial de población silvestre	Gadzhieva & Kasumov (1988)
<i>Thymus x viciosoi</i>	Portugal	Caracterización quimiotaconómica de un híbrido	Salgueiro et al. (1993)
<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Pérez & Velasco (1984)
<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Morales (1986)
<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i>	Portugal	Estudio de 4 poblaciones silvestres y sus variaciones quimiotaconómicas	Salgueiro et al. (2000)
<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>villosus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Salgueiro (1992)
<i>Thymus villosus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Carvalho (1994)

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 1. Continuación.

<i>Thymus villosus</i> subsp. <i>villosus</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Quimiotipos	Salgueiro et al. (1997)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Composición de aceite esencial	Granger et al. (1972)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Composición de aceite esencial y transmisión hereditaria de tres terpenos.	Vernet (1977)
<i>Thymus vulgaris</i>	Israel	Variaciones de rendimiento y de aceite esencial	Basker & Putievsky (1978)
<i>Thymus vulgaris</i>	Kenia	Cultivo y estudio de aceite esencial en África	Maitai et al. (1981)
<i>Thymus vulgaris</i>	Alemania	Extracción de aceites esenciales con CO ₂ líquido.	Bestmann et al. (1985)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Estandarización de producto para el mercado	French Standard (1985)
<i>Thymus vulgaris</i>	Suiza	Cultivo, extracción, economía e industria. Normas ISO	ISO (1985)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Composición de aceite esencial de población silvestre	Zucca (1986)
<i>Thymus vulgaris</i>	Polonia	Multiplicación vegetativa y rendimientos de aceite esencial	Olzowska & Furmanowa (1987)
<i>Thymus vulgaris</i>	Holanda	Métodos de detección de compuestos volátiles	Dries et al. (1989).
<i>Thymus vulgaris</i>	Egipto	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales	Farag et al. (1989)
<i>Thymus vulgaris</i>	Nueva Zelanda	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Planta naturalizada	Morgan (1989)
<i>Thymus vulgaris</i>	Japón	Influencia de las luz en la formación de glándulas trichomanes y monoterpenos.	Yamaura et al. (1989)
<i>Thymus vulgaris</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipo	Blázquez & Zafra (1990)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Variación del aceite esencial de individuos de una población silvestre.	Cioni et al. (1990)
<i>Thymus vulgaris</i>	EE.UU	Cultivo y estudio de aceite esencial	Libbey & Sturtz (1990)
<i>Thymus vulgaris</i>	EE.UU	Purificación y caracterización de monoterpenos de los aceites esenciales	Alonso & Croteau (1991)
<i>Thymus vulgaris</i>	Polonia	Análisis de aceite esencial y su utilidad como insecticida	Kurowska et al. (1991)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Piccaglia & Morotti (1991)
<i>Thymus vulgaris</i>	Suiza	Influencia de la altura de corte de un cultivo en el rendimiento	Rey (1991)
<i>Thymus vulgaris</i>	Japón	Capacidad antimutagénica de extractos acuosos de diferentes vegetales	Ueda et al. (1991)
<i>Thymus vulgaris</i>	Reino Unido	Efecto del secado rápido en los aceites esenciales y en la microflora	Deans & Svoboda (1992)
<i>Thymus vulgaris</i>	Egipto	Estudio de cultivo y fertilización para la obtención de un mayor rendimiento	Shalaby & Razin (1992)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Aspectos cualitativos, sanitarios y de mercado de los aceites esenciales	Tateo et al. (1992)
<i>Thymus vulgaris</i>	Japón	Estudio de las glándulas trichomanes y su función de biosíntesis de aceites esenciales	Yamaura et al. (1992)
<i>Thymus vulgaris</i>	Inglaterra	Actividad antioxidante del aceite esencial	Deans et al. (1993)
<i>Thymus vulgaris</i>	Yugoslavia	Cultivo de plantas aromáticas y estudio de rendimientos	Maksimovic te al. (1993)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Cultivo de plantas aromáticas y estudio de rendimientos	Piccaglia & Marotti (1993)
<i>Thymus vulgaris</i>	Suiza	Efectos medioambientales en los rendimientos de los aceites esenciales. Cultivo	Rometsch et al. (1993)
<i>Thymus vulgaris</i>	Turquía	Cultivo con fertilización. Efectos sobre el rendimiento	Ceylan et al. (1994)
<i>Thymus vulgaris</i>	Nueva Zelanda	Producción de cultivos de planta aromáticas y medicinales	Douglas et al. (1994)
<i>Thymus vulgaris</i>	Reino Unido	Estudio de los aceites esenciales	Jackson & Hay (1994)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Parámetros del cultivo que afectan a los aceites esenciales	Letchamo et al. (1994)
<i>Thymus vulgaris</i>	Nueva Zelanda	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Variación a lo largo del año.	McGimpsey et al. (1994)
<i>Thymus vulgaris</i>	Reino Unido	Actividad antioxidante de los aceites esenciales	Dorman et al. (1995)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Parámetros del cultivo que afectan a los aceites esenciales	Letchamo & Gosselin (1995)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Variaciones en la fotosíntesis y estudio de los aceites esenciales	Letchamo et al. (1995)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Actividad antioxidante y microbiana de los aceites esenciales	Battistutta et al. (1996)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Influencia de luz y agua en la transpiración, glándulas productoras de ae. y morfología.	Letchamo et al. (1996)
<i>Thymus vulgaris</i>	EE.UU	Efecto de la luz en la producción de aceite esencial	Li et al. (1996)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Rendimiento y composición del aceite esencial en diferentes estados de la planta	Senatore (1996)
<i>Thymus vulgaris</i>	Egipto	Cultivo: distancia entre plantas, datos de corte y rendimientos.	Mohamed (1997)
<i>Thymus vulgaris</i>	Egipto	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales y el efecto de irradiación sobre ellos.	Omer et al. (1997)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales. Tecnología de los alimentos	Bhaskara et al. (1998)
<i>Thymus vulgaris</i>	Lituania	Actividad antioxidante de extractos de plantas	Dapkevicius et al. (1998)
<i>Thymus vulgaris</i>	España	Aceite esencial de flores, hojas y tallos. Interés antioxidante para la industria alimentaria.	Guillén & Manzano (1998)
<i>Thymus vulgaris</i>	Bélgica	Propiedades antibacterianas del aceite esencial	Manou et al. (1998)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Actividad antimicrobiana aplicada en la conservación de fruta (fresas)	Reddy et al. (1998)
<i>Thymus vulgaris</i>	Grecia	Actividad antibacteriana de los aceites esenciales	Daferera et al. (2000)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Selección clonal mediante cultivo y estudio de aceites esenciales.	Delpit et al. (2000)
<i>Thymus vulgaris</i>	Canada	Toxicidad del aceite esencial en el gusano cortador del tabaco	Hummelbrunner & Isman (2001)
<i>Thymus vulgaris</i>	Brazil	Relación entre la composición química y la genética de cultivares comerciales.	Echeverrigaray et al. (2001)
<i>Thymus vulgaris</i>	Australia	Localización de los monoterpenos en estructuras secretoras	Gersbach et al. (2001)
<i>Thymus vulgaris</i>	EE.UU	Actividad antioxidante y compuestos fenólicos	Zheng & Wang (2001)
<i>Thymus vulgaris</i>	Rep. Corea	Actividad repelente del aceite esencial y su composición	Choi et al. (2002)
<i>Thymus vulgaris</i>	Holanda	Actividad antioxidante del aceite esencial	Dapkevicius et al. (2002)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Estudio del aceite esencial a lo largo del ciclo vegetativo	Hudaïd, (2002)
<i>Thymus vulgaris</i>	Japón	Actividad antioxidante de compuestos químicos presentes en el aceite esencial	Miura et al. (2002)

Tabla 1. Continuación.

<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Composición de los aceites esenciales y sus propiedades alelopática	Angelini et al. (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Japón	Composición y actividad antimicrobiana de aceite esencial	Abe et al. (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Lituania	Efecto de la fertilización en el rendimiento y en la composición de aceites esenciales	Baranauskiene et al. (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Holanda	Actividad antimicrobiana de aceite esencial	Burt & Reinders (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Israel	Aplicación del aceite esencial y hojas como conservante	Harpaz et al. (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Estudio cuantitativo y cualitativo del aceite esencial de diferentes quimiotipos	Thompson et al. (2003)
<i>Thymus vulgaris</i>	Dinamarca	Efecto modificador del suelo por hojas de tomillos. Alelopatía	Ehlers & Thompson (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	Francia	Diferentes técnicas de extracción de aceites esenciales	Lucchesi et al. (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	Camerún	Efecto antimicrobiano de los aceites esenciales	Nguefack et al. (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	España	Efecto antimicrobiano de los aceites esenciales. Conservación de los alimentos	Rota et al. (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	Italia	Propiedades funcionales de los aceites esenciales. Actividad antioxidante	Sacchetti et al. (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	España	Efecto anti-inflamatorio de extractos de tomillo.	Vigo (2004)
<i>Thymus vulgaris</i>	Portugal	Actividad antimicrobiana de aceite esencial y sus componentes principales.	Pina-Vaz et al. (2004)
<i>Thymus webbianus</i>	España	Composición de aceites esenciales.	Zafra-Polo et al. (1988)
<i>Thymus willkomii</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipo	Adzet et al. (1991)
<i>Thymus zheguliensis</i>	Rusia	Estudio de aceite esencial	Kurkin et al. (1989)
<i>Thymus zygoides</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Baser et al. (1996)
<i>Thymus zygoides</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipos	Baser et al. (1999)
<i>Thymus zygoides</i>	Turquía	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Actividad antimicrobiana	Azaz et al. (2004)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Velasco & Pérez (1984)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Negueruela & Alonso (1985)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Sáez (1995)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>	España	Composición química del aceite esencial y su comportamiento en cultivo	Sánchez et al. (1995)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i>	España	Cultivo con diferentes niveles de riego y valoración de aceites esenciales obtenidos	Sotomayor et al. (2004)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Mateo et al. (1978)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Velasco & Pérez (1984)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Velasco & Pérez (1985)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Portugal	Composición del aceite esencial de poblaciones silvestres	Rodrigues et al. (1987)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Portugal	Composición del aceite esencial de poblaciones silvestres	Salgueiro & Cunha (1987)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Cunha te al. (1991)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Sáez (1995)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Portugal	Variación en composición y rendimiento del aceite esencial de poblaciones silvestres	Moldão-Martins et al. (1999)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres y estudio de quimiotipos	Velasco & Pérez (1984)
<i>Thymus zygis</i>	España	Estudio desde diversos puntos de vista del aceite esencial	Gaviña-Múgica et al. (1974b)
<i>Thymus zygis</i>	Marruecos	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Richard et al. (1985)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	España	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres	Velasco & Pérez (1990)
<i>Thymus zygis</i>	España	Actividad antioxidante del aceite esencial. Trabajos in vivo en ratón	Jiménez et al. (1993)
<i>Thymus zygis</i>	Marruecos	Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales	Tantaoui et al. (1993)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de poblaciones silvestres. Estudio de quimiotipo	Salgueiro et al. (1993)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	Portugal	Composición de aceite esencial de población silvestre	Carvalho (1994)
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	Portugal	Actividad antimicrobiana de aceite esencial y sus componentes principales.	Pina-Vaz et al. (2004)

4.2 MATERIAL Y METODO

4.2.1 Recolección del material

Se recolectó material vegetal de procedencia silvestre de individuos de *Thymbra capitata*, *Thymus caespitius*, *Th. mastichina*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, y *Th. zygis* subsp. *zygis*, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* procedentes de las poblaciones que figuran en la Tabla 2. Dichas poblaciones fueron escogidas con el criterio de estar situadas sobre diferentes medios ecológicos en los que habita cada especie, y poseer un número suficiente de individuos como para garantizar su pervivencia después de la recolección.

Paralelamente se realizó un transplante de plantas jóvenes de 4 poblaciones silvestres de *Th. mastichina* y 3 poblaciones de *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, 1 población de *Th. zygis* subsp. *gracilis* y 1 población de *Thymbra capitata* para realizar un cultivo experimental. Tras un periodo de adaptación se recolectaron estas poblaciones cultivadas (Tabla 3) durante 2 años de estudio.

En el caso de *Th. pulegioides*, donde las poblaciones silvestres localizadas no disponían de material suficiente para su recolección en campo, se realizó un cultivo a través de sus semillas. Posteriormente fue recolectado dicho cultivo experimental (Tabla 3).

El cultivo a campo abierto fue realizado en la Finca la Orden (Guadajira, provincia de Badajoz), cuyos parámetros climáticos son: Latitud=38.51; Altitud=232; Temperatura media mensual=16.5; Media de las mínimas del mes más frío=2.9; Media de las máximas del mes más frío=12.6; Precipitación media anual=449.2; Índice de termicidad=319.9; Termopiso=piso mediterráneo inferior; Ombropiso= seco. El suelo pertenece a la clase de los fluvisoles (suelos desarrollados sobre depósitos fluviales recientes).

Se le incorporó al campo de ensayos 1244,6 Kgr/ha antes de la formación de los caballones. En estos caballones las plantas se situaron a tres bolillos a una distancia de 20 cm.

El aporte hídrico adicional fue realizado mediante riego por goteo. Este aporte se realizó únicamente en los meses en los que las precipitaciones eran escasas o nulas (generalmente desde abril a octubre). En los meses de máximo estrés hídrico (Junio, Julio y Agosto) los aportes fueron de 30.8 l/m² a la semana y en los meses de estrés medio o bajo (Abril, Mayo, Septiembre y Octubre) fueron de 15 l/m² a la semana.

De *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, presente en la flora extremeña en la serranía de las Villuercas, no se dispuso de material para su análisis debido a la escasez de individuos en sus poblaciones y, a problemas reproductivos y de supervivencia de plántulas.

El material se recolectó mediante siega manual usándose para ello unas tijeras de poda. El corte fue diferente dependiendo de si se trataba de especies cespitosas o en forma de pequeñas matas, que no levantan mucho del suelo, o si se trata de especies de matas que en alguna ocasión pueden sobrepasar los 80 cm de altura. En el primer caso situaríamos a *Thymus caespititius*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, *Th. pulegioides*, *Th. zygis* subsp. *zygis*, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, donde se realizó un corte casi a nivel del suelo. En el segundo caso tendríamos a *Thymbra capitata* y *Th. mastichina*, donde la siega se realizó en las ramas secundarias. Las plantas que se segaron de cada población debían ser adultas. Además la recolección se llevó a cabo sobre individuos aleatorios de una población. A cada individuo se le segaron una parte de él, para evitar un posible daño irreversible. Se recolectaron, siempre que fue posible, cada una de las poblaciones en el estado de la floración y posteriormente en el de fructificación, repitiéndose estas siegas al menos en 2 años de estudio. En la población de Guadajira de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* se observó que una parte de los individuos sufrían un apelmotonamiento de sus hojas en las ramas, posiblemente debidas al ataque de algún insecto. Se recolectaron por separado los individuos “sanos” de los “atacados” el año 2004. La poblaciones transplantadas de *Th.*

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

mastichina, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* fueron recolectadas nuevamente en los años de estudio del cultivo para poder ser comparados. Las recolecciones fueron realizadas entre las 11:00 h. y las 13:00 h. y trasladadas en sacos de malla abiertos.

Posteriormente el material se depositó en una habitación aireada sin humedad en oscuridad y extendida para que se secaran. Cada día se removió un poco la muestra para que se airearan hasta su desecación. Una vez seco el material, se depositó en sacos de papel cerrados. El material se dividió en dos partes, uno destinado al análisis cuantitativo de la planta entera y el otro al análisis de las flores y hojas (debido a que la planta sufre una caída muy importante de sus hojas y flores tras la pérdida de su humedad). El material se almacenó durante 3 meses.

Figura 6. Poblaciones estudiadas de:

- *Thymus zygis* subsp. *zygis*
- *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*
- *Thymus zygis* subsp. *gracilis*
- Estación de ensayo de cultivos

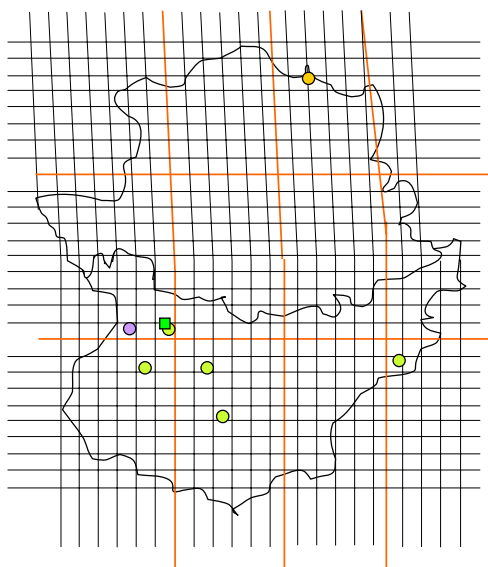
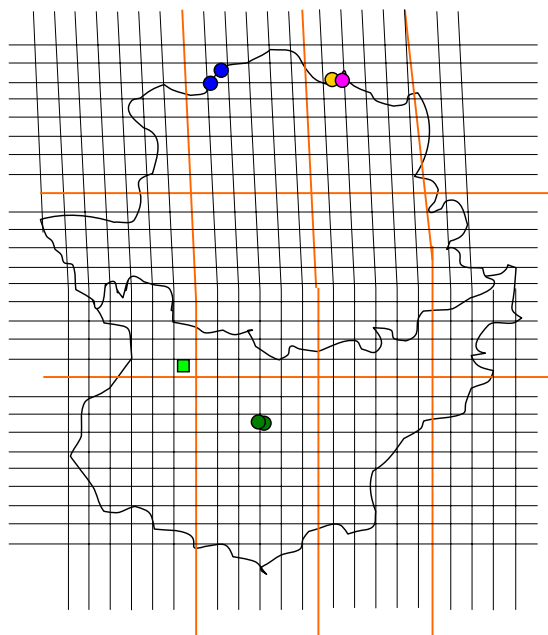
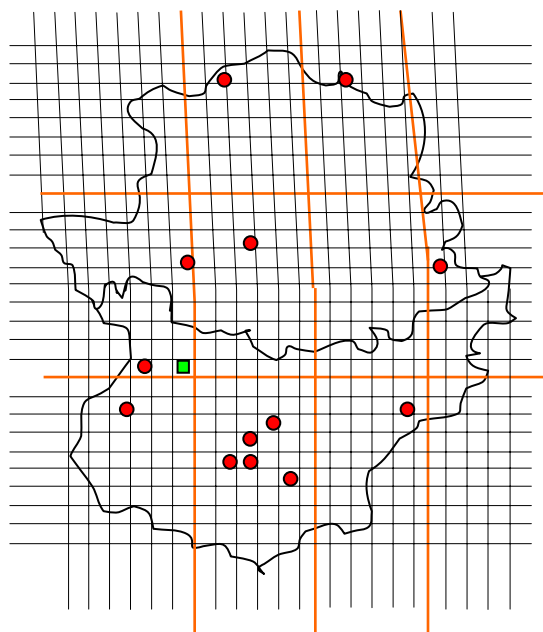


Figura 7. Poblaciones estudiadas de:

- *Thymra capitata*
- *Thymus caespititius*
- *Thymus pulegioides* (lugar de procedencia de las semillas cultivadas)
- *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*
- Estación de ensayo de cultivos

**Figura 8.** Poblaciones estudiadas de:

- *Thymus mastichina*
- Estación de ensayo de cultivos



4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 2. Procedencia del material silvestre estudiado. Se indica provincia, localidad, coordenadas UTM, tipo de hábitat, clima (vd. Rivas-Martínez, 1987; Tormo et al., 1995), fecha de siega, legit. Testimonios en el Herbario HSS (Badajoz, España).

<p><i>Thymra capitata</i> -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 9-07-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 6-09-2002. J. Blanco & A.B. Lucas. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 30-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 10-09-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 15-07-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera, suelo básico. Mesomediterráneo. 8-09-2004. J. Blanco & D. García.</p>
<p><i>Thymus caespitosus</i> -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 11-6-2003. J. Blanco, S. Ramos & F.M. Vázquez. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 5-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 6-7-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 17-8-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Robledillo de Gata. Puerto Viejo. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 5-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Robledillo de Gata. Puerto Viejo. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 17-8-2004. J. Blanco & D. García.</p>
<p><i>Thymus mastichina</i> -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adherado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 26-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adherado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 6-09-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adherado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 19-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adherado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 4-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 8-06-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 3-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 8-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 16-06-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adherado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 3-08-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Matorrales abiertos sobre afloramientos calizos. Mesomediterráneo. 28-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Matorrales abiertos sobre afloramientos calizos. Mesomediterráneo. 3-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Matorrales abiertos sobre afloramientos calizos. Mesomediterráneo. 26-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Matorrales abiertos sobre afloramientos calizos. Mesomediterráneo. 31-07-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 21/8/2002. J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 20-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 1-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Benquerencia de la Serena. 30STH88. Márgenes de olivares sobre rañas. Mesomediterráneo. 6-06-2003. J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Benquerencia de la Serena. 30STH88. Márgenes de olivares sobre rañas. Mesomediterráneo. 13-08-2003. J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Benquerencia de la Serena. 30STH88. Márgenes de olivares sobre rañas. Mesomediterráneo. 18-05-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Benquerencia de la Serena. 30STH88. Márgenes de olivares sobre rañas. Mesomediterráneo. 28-7-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Bienvenida. 29SQC44. Olivar sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 4-06-2003. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Badajoz: Bienvenida. 29SQC44. Olivar sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 13/08/2003. J. Blanco. -Badajoz: Bienvenida. 29SQC44. Olivar sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 18-05-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Bienvenida. 29SQC44. Olivar sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 16-08-2004. J. J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 5-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 4-09-2003. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 6-07-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Descargamaría. Fuente La Malena. 29TQE16. Brezales en granitos. Supramediterráneo. 17-08-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Fuente del Maestre. Sierra de San Jorge. 29SQC26. Sustrato básico. Mesomediterráneo. 23-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Fuente del Maestre. Sierra de San Jorge. 29SQC26. Sustrato básico. Mesomediterráneo. 7-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Fuente del Maestre. Sierra de San Jorge. 29SQC26. Sustrato básico. Mesomediterráneo. 17-05-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Fuente del Maestre. Sierra de San Jorge. 29SQC26. Sustrato básico. Mesomediterráneo. 9-08-2004. J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 11-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 18-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 11-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 7-07-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 12-08-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 27-05-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 3-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 26-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 31-07-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 8-06-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 11-08-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adherado basófilo sobre pendiente. Mesomediterráneo. 22-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adherado basófilo sobre pendiente. Mesomediterráneo. 12-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adherado basófilo sobre pendiente. Mesomediterráneo. 19-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adherado basófilo sobre pendiente. Mesomediterráneo. 12-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 13-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 7-08-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 19-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 4-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. Mesomediterráneo. 9-07-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. M. Mesomediterráneo. 6-09-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. M. Mesomediterráneo. 23-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. M. Mesomediterráneo. 30-07-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. M. Mesomediterráneo. 17-05-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. M. Mesomediterráneo. 9-08-2004. J. J. Barrantes & J. Blanco.</p>

Tabla 2. Continuación

<p><i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyalarensis</i> -Cáceres: El Calvitero. 30TTK. Pastizal cacuminal xerófilo, sobre suelo ácido. Supramediterráneo. 22-07-2004. J. Blanco, D. García, S. Ramos & F.M. Vázquez. -Cáceres: El Calvitero. 30TTK. Pastizal cacuminal xerófilo, sobre suelo ácido. Supramediterráneo. 12-08-2004. J. Blanco & D. García.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 21-08-2002. J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 20-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 1-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 20-05-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 30-07-2004. J. Blanco & D. García.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera, suelo ácido. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera., suelo ácido Mesomediterráneo. 14-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera, suelo ácido. Mesomediterráneo. 19-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera, suelo ácido. Mesomediterráneo. 12-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Cabeza del Buey. 30SUH08. Ladera próxima a embalse, sobre pizarras. Mesomediterráneo. 6-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco -Badajoz: Cabeza del Buey. 30SUH08. Ladera próxima a embalse, sobre pizarras. Mesomediterráneo. 6-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco -Badajoz: Cabeza del Buey. 30SUH08. Ladera próxima a embalse, sobre pizarras. Mesomediterráneo. 18-05-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco -Badajoz: Cabeza del Buey. 30SUH08. Ladera próxima a embalse, sobre pizarras. Mesomediterráneo. 28-07-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 31-05-2002. J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 12-08-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 28-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 7-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 20/05/2004. J. Blanco & D. García (Sana). -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 20/05/2004. J. Blanco & D. García (Atacada) -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 6-08-2004. J. Blanco (Sana) -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 6-08-2004. J. Blanco (Atacada) -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 13-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 7-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 19-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas Mesomediterráneo. 4-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas Mesomediterráneo. 20-05-2004. J. Blanco & D. García. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 16-08-2004. J. J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 19-04-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 14-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 28-05-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 7-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 20-05-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 9-08-2004. J. J. Barrantes & J. Blanco.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i> -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Matorrales sobre granitos. Supramediterráneo. 18-06-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Matorrales sobre granitos. Supramediterráneo. 11-08-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Matorrales sobre granitos. Supramediterráneo. 7-07-2004. J. Blanco & D. García. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Matorrales sobre granitos. Supramediterráneo. 12-08-2004. J. Blanco & D. García.</p>

Tabla 3. Procedencia del material cultivado estudiado. Se indica provincia, localidad, coordenadas UTM, tipo de hábitat, clima (vd. Rivas-Martínez, 1987; Tormo et al., 1995), fecha de siega del cultivo, legit. Fecha de trasplante campo-cultivo :entre 21-2-2003 y el 13-3-2003. *Thymus pulegioides** fue sembrado de semilla el 30-04-2003. Testimonios en el Herbario HSS (Badajoz, España).

<p><i>Thymus mastichina</i> -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adhesado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adhesado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adhesado sobre suelo ácido. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 7-7-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Claros de matorrales sobre suelo granítico. Supramediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 7-7-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares sobre suelo básico. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar sobre calizas. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco.</p>
<p><i>Thymus pulegioides</i>* Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Herbazal hidrófilo. Supramediterráneo. 3-06-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Herbazal hidrófilo. Supramediterráneo. 5-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera y suelo básico. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. sobre calizas. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 9-10-2003. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 7-07-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera caliza. Mesomediterráneo. 27-9-2004. J.J. Barrantes & J. Blanco.</p>

4.2.2 Extracción de aceites esenciales

Existen diferentes métodos de extracción de aceites esenciales. Estos métodos se pueden clasificar en oficiales y no oficiales. Los no oficiales son principalmente usados en perfumería y alimentación. Los más importantes son: extracción con disolventes orgánicos apolares (diclorometano, éter de petróleo o hexano), extracción con grasas (generalmente de origen vegetal) y extracción con gases licuados (butano, propano, dióxido de carbono). Los métodos oficiales son los contemplados en la farmacopea para obtener los aceites esenciales de uso farmacéutico. Estos métodos oficiales se clasifican a su vez en: método de inyección de vapor de agua (donde el agua no está inicialmente en contacto con la muestra), hidrodestilación (la muestra y el agua se ponen en contacto y se llevan a la ebullición) y destilación mixta (el agua y la muestra se sitúan en un mismo recipiente pero sin que entren en contacto) (Kuklinski, 2000).

El método elegido para nuestro estudio fue el de la hidrodestilación. Tras una maceración previa, se calentó el recipiente y al evaporarse el agua se transformó en vapor de agua que arrastró el aceite esencial, el cual se condensó, se recogió en un recipiente y después se separó el aceite esencial y el agua, ya que forman dos fases.

Se realizaron dos extracciones para cada muestra, una con planta entera y otra con flores y hojas (a excepción de algunas especies rastreras que por su escasez o carácter de planta protegida no se creyó conveniente el estudio de flores y hojas).

La muestra de planta entera fue troceada manualmente con tijeras de poda. La muestra de flores y hojas se obtuvo mediante fricción manual y posterior tamizado. Se obtuvieron 180 gr. de cada muestra, los cuales fueron introducidos en un matraz de 6 litros. Se introdujo en dicho matraz 1,8 litro de agua y se maceró la muestra. El matraz se depositó en una manta eléctrica. A continuación se unió el matraz al aparato para la destilación de aceites esenciales en drogas vegetales descrito en la Farmacopea europea (Council of Europe, 1996). (figura 9). Se rellenaba de agua destilada el destilador hasta el nivel b (figura 9) y, a continuación se calentaba el matraz para que comenzase el

arrastre, por parte del agua, de los compuestos volátiles de la muestra. Anteriormente se había iniciado el paso de agua a través del refrigerante (puntos G y F de la figura 9) para que el vapor de agua y el aceite se condensara y pasara a estado líquido en J.

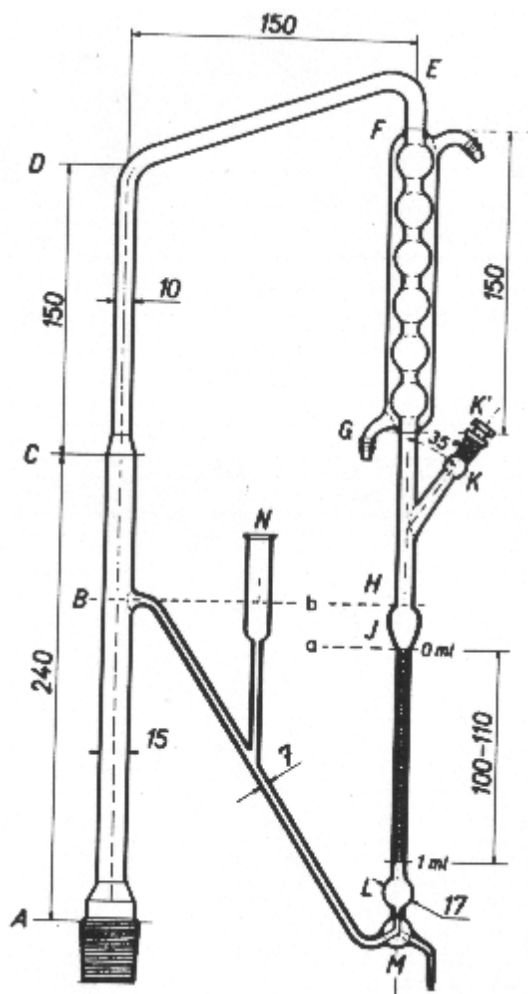


Figura 9. Aparato para la destilación de aceites esenciales. Reproducción de la 3ª edición de la Farmacopea europea (1997).

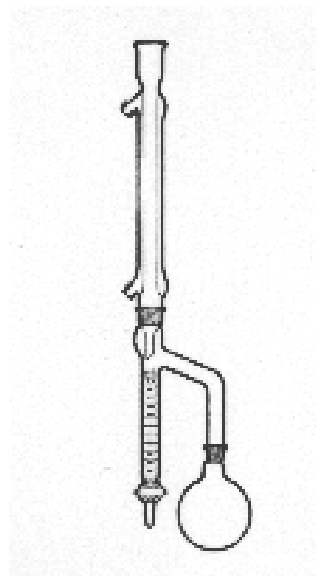


Figura 10. Aparato Dean-Stark para la evaluación de la humedad de la muestra.

El proceso de destilado era de dos horas y media o tres desde el inicio de la evaporación. Con posterioridad se recogía el agua y el aceite esencial depositados entre H y L en un embudo de decantación. Tras un periodo de reposo para que se separe el agua del aceite, se eliminaba el agua y se recogía en un vial color topacio el aceite esencial donde se cuantificará el aceite producido. Después se pasaba a otro vial a través de un papel de filtro con sodio sulfato anhidro que eliminaba algún posible resto de agua. En el caso de que el aceite obtenido fue escaso no se hizo pasar por el papel de filtro y se incluyó el sodio sulfato anhidro directamente al vial. Los viales eran guardados en el frigorífico para su posterior análisis cualitativo preservándolos de la luz y del calor.

Determinación de la Humedad residual

El porcentaje de agua que posee nuestra muestra en el momento en el que se realiza la extracción de aceites se calculó mediante método recomendado por la Farmacopea francesa IX Edición (Commission Nationale de Pharmacopée-Ordre National des Pharmaciens, 1976). Consistió en la destilación de la muestra vegetal con xileno de manera que se obtiene una mezcla azeotrópica del agua de la planta y el disolvente orgánico, a temperatura de ebullición constante. Tras una refrigeración de la mezcla mencionada, se formaban dos fases, una formada por el disolvente orgánico y otra por el agua extraída de la muestra.

El aparato utilizado, Aparato Dean-Stark (figura 10), consiste en un tubo cilíndrico, graduado, que tiene adaptada en su parte inferior una llave de descarga. En su parte superior se adapta un refrigerante y, a media altura, se conecta un matraz de 500 ml mediante otro tubo. Todas las piezas deben estar limpias y completamente secas antes de ser usadas. Se introdujeron en el matraz 10 gr. de muestra y 110 ml. de disolvente orgánico y se procedía a su calentamiento a temperatura de ebullición constante durante 1,5 horas. El agua extraída se condensaba lentamente en el fondo del tubo graduado. Tras ser interrumpido el calentamiento, se dejaba reposar para que el agua estuviera libre de restos de emulsión. Por último, se leía el volumen de agua recogida en el tubo graduado y se refería a 100 gr. de muestra según la relación:

$$\frac{100 \times n}{p}$$

p: peso en gr. de la muestra

n: ml. de agua obtenidos en la destilación

4.2.3 Valoración del rendimiento

Cálculo del rendimiento en aceite esencial

Al peso de la muestra destilada se le resta el porcentaje de agua que aún posee:

$$Pms = Pmh - (Pmh \times h / 100),$$

Pmh: peso en gr. de muestra destilada.

Pms: peso en gr. de la muestra seca.

h: % de humedad de la muestra.

El rendimiento, en tanto por ciento, que se obtuvo para el peso en gr de muestra seca (Pms):

$$Rto = 100 \times AE / Pms$$

Rto.: Rendimiento en aceite esencial por 100 gr. de muestra seca.

AE: ml. de aceite esencial obtenidos en la extracción.

4.2.4 Cromatografía del destilado

El análisis de los aceites esenciales obtenidos se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard, modelo HP 6890 Series GC System, equipado con un detector de llama (FID). El sistema cromatográfico estaba equipado con un procesador VECTRA multimedia VL2 4/66. Las condiciones de trabajo fueron las recomendadas por AENOR (Asociación Española de Normalización), con carácter general, para el análisis

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

cromatográfico de los aceites esenciales que permiten separar el mayor número de constituyentes. Dichas condiciones son:

Detector:

- temperatura del detector: 250° C
- gas portador: Nitrógeno-C-45 B-50

Inyector:

- inyector con división de flujo 12:9
- temperatura: 250°C
- gas auxiliar: hidrógeno y aire comprimido

Horno:

- temperatura inicial: 70° C
- temperatura final: 240° C
- gradiente de temperatura que comienza en 70° C con una rampa de 3° C / minuto hasta los 240° C donde permanece 2 minutos.

Columna:

- se utiliza una columna capilar HP-5 con las siguientes características: 30 m x 0,32 mm x 0,25 μ m, 5 % phenyl methyl silicone.
- presión de 2,5 psi.
- Flujo de 0,4 ml / minuto

Se pincharon 4 μ l de aceite esencial procedente de la destilación de la planta entera para el análisis cromatográfico. En ciertos cromatogramas, donde se produce un solapamiento de picos muy próximos, se realizaron unas nuevas cromatografías pinchando 2 o 3 μ l.

Para la realización del análisis cuantitativo se empleó el método de Normalización Interna, que permite estimar rápidamente la concentración de un gran número de componentes del aceite esencial. Este método aporta una estimación de la concentración de los diferentes picos de una mezcla mediante la comparación de las áreas de los picos y refiriendo la superficie de cada pico a la suma total de superficies.

El análisis cualitativo de los aceites esenciales se realizó mediante la comparación entre los tiempos de retención de los picos obtenidos para los aceites esenciales y los tiempos de retención de patrones o sustancias puras, que habían sido cromatografiadas con antelación en las mismas condiciones que las antes mencionadas.

En el caso de duda en alguno de los picos obtenidos se recurrió a la técnica de “enriquecimiento de pico” con compuestos puros. Esta técnica consiste en la comparación del cromatograma obtenido en el análisis del aceite esencial con el correspondiente al de la misma muestra a la que se le ha añadido, con anterioridad, una cantidad determinada de un compuesto puro. El pico que aumenta su área en la segunda cromatografía corresponde al patrón incorporado en la mezcla. Es importante que la cantidad del compuesto puro añadido no sea excesiva, porque daría lugar a picos anchos los cuales podrían ser mal interpretados.

Una vez realizada la fase experimental se pasó a la comparación de nuestros cromatogramas con datos cromatográficos disponibles en bibliografía. Esta información fue de gran utilidad en el caso de nuestros resultados.

4.2.5. Análisis estadísticos

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó en paquete SPSS (v.11.0) para Windows.

En todos los casos se han realizado pruebas de normalidad para identificar las variables normales. Buen número de las variables no siguen una distribución normal. Es por ello que los test de contrastes realizados en todos los casos han sido de tipo no paramétrico.

Para los datos obtenidos de rendimiento los tests empleados fueron los siguientes:

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

- Tests de Kruskal-Wallis y Mann-Witney utilizados para conocer las posibles diferencias entre las especies y entre poblaciones dentro de una misma especie.

- Test de Kruskal-Wallis utilizado para conocer las posibles diferencias entre planta entera (PE) y flores y hojas (FH), entre los estados de floración y fructificación, entre planta silvestre y cultivada y entre los resultados obtenidos en los años de estudio.

Para los datos obtenidos en el análisis químico de la composición de los aceites esenciales los tests empleados fueron los siguientes:

- Test de Kruskal-Wallis utilizado para la comparación de los resultados de porcentajes obtenidos para cada uno de los componentes presentes en los aceites esenciales, del estado de floración con el estado de fructificación, silvestre con cultivado y de los años de estudio.

- Análisis Discriminantes y análisis de Cluster para evaluar las diferencias y semejanzas entre poblaciones dentro de una misma especie.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Descripción de la producción de aceites esenciales

Para cada una de las especies a estudio se describieron, en primer lugar, los rendimientos y su composición de cada una de las poblaciones muestreadas. La composición se representó con una tabla de los componentes identificados que aparecieron de forma continua en las poblaciones estudiadas. Los componentes fueron ordenados según su salida de la columna del cromatógrafo. Los tiempos de retención y porcentajes respecto al total de cada pico observado en los análisis cromatográficos se presentan en 8.2 Anexo I de Capítulo 4 (CD).

Se representó también, mediante colores, la tendencia que siguieron cada uno de los componentes de cada una de las poblaciones estudiadas (incremento de **color verde**, decremento de **color rojo** y **color amarillo** cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares), comparando el estado de fructificación respecto al estado de floración y, comparando las poblaciones cultivadas respecto a las silvestres.

Thymbra capitata**Villafranca de los Barros****Rendimientos:**

Para planta entera (PE) los valores de rendimiento fueron de 2.81 % y 3.78 %, y entre 2.74-5.00 % en estado de floración. Para el estado de fructificación en planta entera (PE) se obtuvieron valores de 2.04% y 1.93 %, y entre 2.11-4.9 % para flores y hojas (FH).

Composición:

De esta especie se han identificado 11 componentes que representan más del 98 % del total. De ellos destaca el componente carvacrol con valores superiores al 75% del total. Le sigue el *p*-cimeno (7.72-9.62%) (figura 11). Otros componentes por encima del 1% son γ -terpineno, β -mirceno, α -terpineno, linalol y β -cariofileno oxido (tabla 4). No se observan grandes diferencias entre los estados de floración y fructificación aunque *p*-cimeno tiende a aumentar en fructificación y, γ -terpineno, β -mirceno, α -terpineno tienden a disminuir (figura 4).

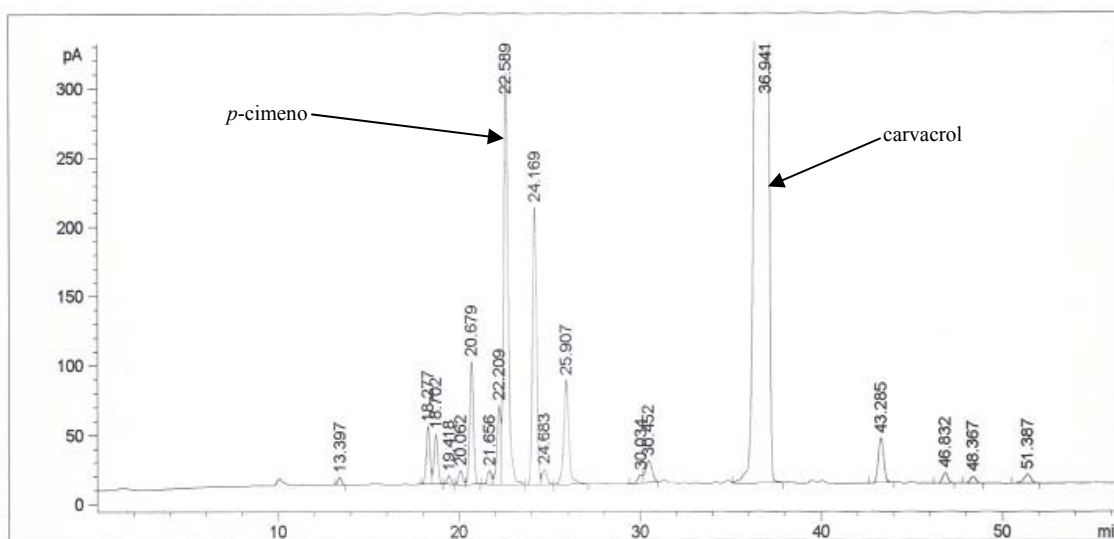


Figura 11. Cromatografía de *Thymbra capitata*. Villafranca de los Barros. 30-06-2003 (floración).

Tabla 4. Composición química del aceite esencial de *Thymbra capitata* en la población de Villafranca de los Barros.

Población	Villafranca de los Barros					
	Estado	floración			fructificación	
Año	2002	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	0.79	0.98	0.67	0.85	0.98	1.05
canfeno	0.90	0.86	0.80	0.97	1.01	0.83
β -mirceeno	1.78	2.11	1.83	1.57	1.95	1.79
α -terpineno	1.08	1.36	t	0.95	1.11	1.08
<i>p</i> -cimeno	7.72	8.20	7.24	8.59	9.15	9.62
γ -terpineno	3.84	5.08	3.58	3.70	3.94	3.48
linalol	2.67	2.32	1.14	2.08	2.41	3.25
terpinen-4-ol	t	0.18	0.62	t	0.29	0.13
α -terpineol	0.84	0.63	1.12	0.80	0.74	0.42
carvacrol	79.13	75.43	78.97	79.03	75.77	77.00
β -cariofileno oxido	1.24	1.07	2.06	1.46	1.10	1.33
% total	99.99	98.22	98.03	100.00	98.45	99.98

Villafranca de los Barros (cultivo)

Rendimientos:

Los valores de rendimiento para el estado de fructificación fueron de 0.73 y 1.61 % para PE y de 1.77 y 2.33 % para FH.

Composición:

Aunque no muy marcadas, si se observaron algunas diferencias entre los resultados de la población silvestre y el cultivo. Se observó una ligera subida del carvacrol en el estado de fructificación mientras que disminuyeron *p*-cimeno y α -terpineno.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 5. Composición química del aceite esencial de *Thymbra capitata* en la población de Villafranca de los Barros (Cultivo).

Población	Villafranca de los Barros (Cultivo)	
Estado	fructificación	
Año	2003	2004
α -pineno	1.42	1.04
canfeno	0.70	0.70
β -mirceno	1.52	1.84
α -terpineno	0.61	0.81
<i>p</i> -cimeno	6.35	8.74
γ -terpineno	3.28	3.49
linalol	2.15	2.69
terpinen-4-ol	0.63	0.51
α -terpineol	0.50	0.78
carvacrol	79.92	77.38
β -cariofileno oxido	1.18	2.01
% total	98.26	99.99

Figura 12. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales de *Thymbra capita*. En color amarillo cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares entre los dos estados.

fructificación respecto a floración	
	Villafranca de los Barros
α -pineno	
canfeno	
β -mirceno	
α -terpineno	
<i>p</i> -cimeno	
γ -terpineno	
linalol	
terpinen-4-ol	
α -terpineol	
carvacrol	
β -cariofileno oxido	

cultivo respecto a silvestre	
	Villafranca de los Barros fructificación
α -pineno	
canfeno	
β -mirceno	
α -terpineno	
<i>p</i> -cimeno	
γ -terpineno	
linalol	
terpinen-4-ol	
α -terpineol	
carvacrol	
β -cariofileno oxido	

Villafranca de los Barros (ornamental)Rendimiento:

Se dispone de información del 2004 en estado de fructificación donde los rendimientos fueron de 2.11 % para PE y de 4.22% para FH.

Composición:

Esta población ornamental obtuvo unos valores similares a los de la población silvestre de Villafranca de los Barros.

Tabla 6. Composición química del aceite esencial de *Thymbra capitata* en la población de Villafranca de los Barros (Ornamental).

Población	Villafranca de los Barros (Ornamental)
Estado	fructificación
Año	2004
α -pineno	1.05
canfeno	0.78
β -mirceno	1.79
α -terpineno	0.97
<i>p</i> -cimeno	8.12
γ -terpineno	2.90
linalol	1.48
terpinen-4-ol	0.34
α -terpineol	0.72
carvacrol	80.42
β -cariofileno oxido	1.41
% total	99.98

Th. caespitius

Descargamaría

Rendimientos:

La población de Descargamaría obtuvo, para PE, un rendimiento de 2,71% en los dos años de estudio de floración y de 1,95 y 2,14 % en fructificación.

Composición:

Como se puede observar en la tabla 7 existe un componente, α -terpineol, que se encuentra de forma mayoritaria y que llega a alcanzar valores superiores al 50 %. Otro componente mayoritario es *p*-cimeno que se acerca o sobrepasa el 10%. A destacar en esta especie la existencia de un gran número de componentes que superan, a veces con creces el 1 % del total, concretamente 22 componentes sin contar los otros dos mencionados anteriormente. Por otro lado, los componentes canfeno, β -pineno, sabineno, β -mirceno, limoneno+1-8cineol, *cis*- β -ocimeno, γ -terpineno y “*a*” tienden a disminuir su presencia en estado de fructificación, respecto a la floración, mientras que α -terpineol tiende a aumentar. Los otros componentes no parecen tener una tendencia clara.

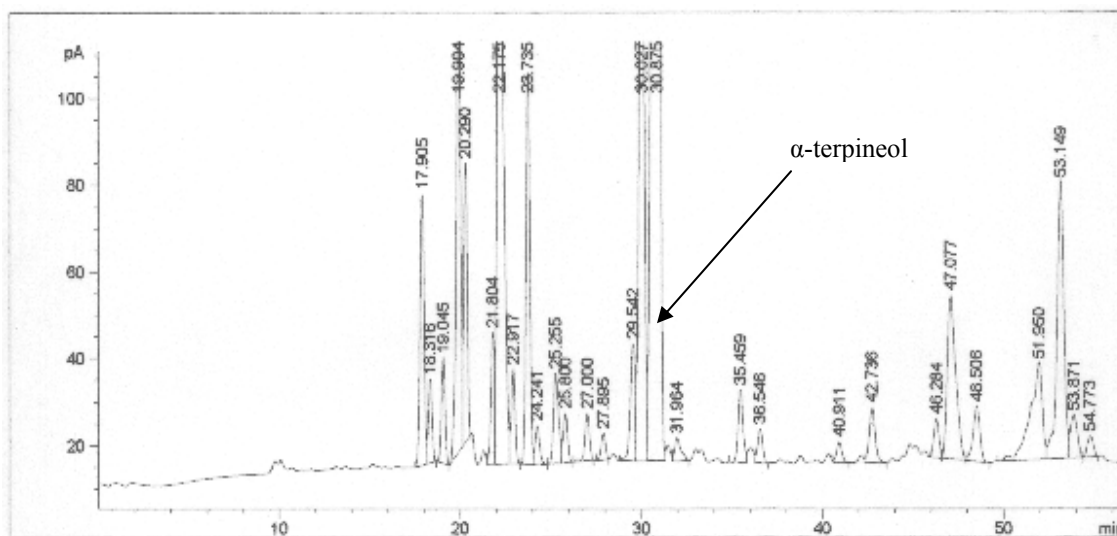


Figura 13. Cromatografía de *Thymus caespitius*. Descargamaría. 5-08-2003 (fructificación).

Tabla 7. Composición química del aceite esencial de *Th. caespitius* en la población de Descargamaría. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de estado de fructificación respecto al de floración. En color amarillo cuando los valores son muy similares entre los dos estados.

Población	Descargamaría			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	2.35	2.04	2.48	1.45
canfeno	0.97	0.82	0.73	0.72
β -pineno	1.19	0.90	0.94	0.74
sabineno	5.53	6.30	5.11	1.87
β -mirceno	3.45	3.05	2.35	2.24
limoneno+1-8cineol	1.26	1.24	1.08	0.60
p -cimeno	11.00	10.07	11.82	8.19
cis- β -ocimeno	1.05	0.99	0.87	0.65
γ -terpineno	6.63	5.60	3.74	3.55
linalol	0.70	0.72	1.08	0.66
terpinen-4-ol	1.25	t	1.35	t
terpineol	3.75	4.70	8.73	1.73
α -terpineol	42.25	44.07	42.35	54.02
timol	0.68	0.86	0.85	t
carvacrol	t	0.39	0.40	0.65
a	2.68	2.36	t	2.02
b	0.63	0.66	0.47	1.06
c	3.81	3.94	3.28	4.59
d	t	t	0.89	t
e	t	0.79	t	0.61
f	1.12	1.62	1.30	1.46
g	1.57	1.85	1.50	1.67
h	6.04	5.51	4.61	7.35
i	t	t	0.70	t
j	0.91	1.06	0.29	1.65
% total	98.82	99.54	96.92	97.48

Robledillo de Gata

Rendimientos:

La población de Robledillo de Gata sólo fue estudiada en el estado de fructificación (por ser una población bastante más escasa que la primera) y se obtuvieron valores de 1,89 y 1,90 %. Estos datos se corresponden a destilaciones realizadas sobre PE.

Composición:

Esta población posee muchas similitudes respecto a la anteriormente citada de Descargasmaría en lo referente a su composición química en estado de fructificación.

Tabla 8. Composición química del aceite esencial de *Th. caespititius* en la población de Robledillo de Gata.

Población	Robledillo de Gata	
	fructificación	
Año	2003	2004
α -pineno	2.40	1.58
canfeno	0.71	0.62
β -pineno	1.19	0.74
sabineno	4.14	1.89
β -mirceno	1.94	2.14
limoneno+1-8cineol	1.04	0.52
<i>p</i> -cimeno	10.29	7.32
cis- β -ocimeno	0.43	0.52
γ -terpineno	2.98	3.28
linalol	0.95	0.66
terpinen-4-ol	1.51	t
terpineol	6.88	1.13
α -terpineol	47.74	57.13
timol	0.81	t
carvacrol	0.14	0.77
a	1.46	2.48
b	0.51	0.77
c	2.87	3.96
d	0.89	1.00
e	0.62	0.67
f	1.00	0.77
g	1.20	2.21
h	3.94	5.57
i	0.92	1.71
j	0.31	0,50
% total	96.87	97.94

Th. mastichina

La especie *Th. mastichina* se estudió en 13 poblaciones silvestres. De 4 de ellas fueron trasplantadas individuos para producir cultivos experimentales. En primer lugar se presentan los datos de las poblaciones silvestres y, a continuación, los datos de las cultivadas.

Alconera

Rendimiento:

En el estado de floración, para PE el rendimiento fue de 2.56%, y de 3.85 y 6.05 en FH. Para la fructificación en PE fue de 1.35 y en FH de 4.07 y 4.98 %.

Composición:

Los componentes principales fueron el par 1-8, cineol + limoneno con valores entre 68.64-79.57 %, β -mirceno entre 10.10-5.36 %, canfeno entre 5.45-2.60, y α -terpineol entre 5.84-4.73 %. Otros componentes importantes fueron terpinen-4-ol con valores superiores al 2 % y linalol por encima del 1 %. Destaca también las diferencias entre floración y fructificación de algunos componentes. Son los casos del canfeno, sabineno, β -mirceno y linalol que disminuyen en el estado de fructificación y el par limoneno+1-8 cineol que aumenta.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

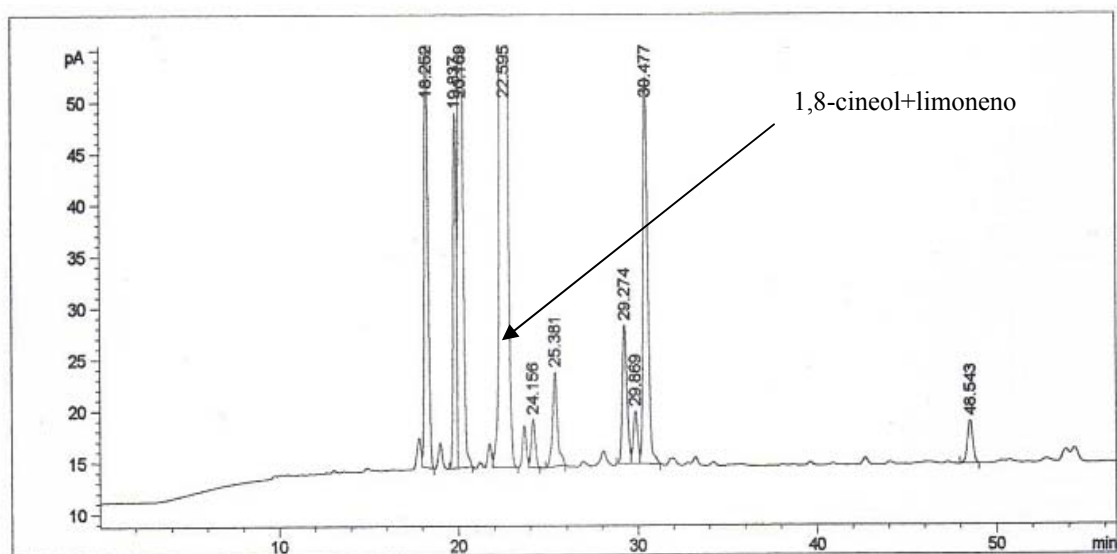


Figura 14. Cromatografía de *Thymus mastichina*. Alconera. 26-06-2002 (floración).

Tabla 9. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Alconera.

Población	Alconera			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	0.20	0.26	0.17	0.34
canfeno	5.45	3.10	3.35	2.60
β -pineno	0.15	0.29	0.12	0.18
sabineno	4.15	2.11	1.24	1.83
β -mirreno	10.10	6.02	5.71	5.36
limoneno+1-8-cineol	68.64	73.07	79.57	77.06
γ -terpineno	t	0.55	0.71	0.55
terpinoleno	t	0.45	t	0.45
linalol	1.50	3.48	0.97	1.58
borneol	t	0.38	t	t
terpinen-4-ol	2.15	2.23	2.04	2.04
terpineol	0.75	0.76	1.05	0.86
α -terpineol	5.84	4.73	5.07	5.20
% total	98.93	97.13	100.00	98.05

AlíaRendimiento:

Los datos fueron de 3.06 % y 3.22 % para PE, y de 3.56-5.53% para FH cuando nos referimos al estado de floración. En fructificación, los rendimientos han sido de 0.98 % y 2.25 % para PE, y de 2.30 % y 4.93 % para FH.

Composición:

El par limoneno+1-8cineol alcanza valores comprendidos entre 77.96 y 73.31 %, siendo los valores de fructificación mayores. β -mirceno, α -terpineol alcanzaron valores mayores del 5 %, siendo también importantes canfeno, sabineno y terpinen-4-ol con valores superiores al 2 %. Sólo en el caso de sabineno y terpinen-4-ol se observa unas disminuciones claras de sus presencias en el estado de fructificación.

Tabla 10. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Alía.

Población	Alía				
	Estado	floración			fructificación
Año	2002	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0.32	0.25	0.21	0.31	0.27
canfeno	3.84	2.69	2.84	2.58	2.83
β -pineno	0.55	0.84	0.21	0.28	0.19
sabineno	2.53	2.10	2.47	1.56	1.29
β -mirceno	7.16	5.17	5.83	4.65	5.72
Limoneno+1-8cineol	74.20	73.31	75.08	75.52	77.96
γ -terpineno	0.46	0.43	0.43	0.92	0.73
terpinoleno	0.31	0.30	0.35	0.25	t
linalol	0.84	1.58	2.10	0.94	0.93
borneol	0.23	0.37	t	0.34	t
terpinen-4-ol	2.73	3.61	2.25	2.39	1.78
terpineol	0.91	0.85	0.86	1.06	1.54
α -terpineol	5.42	4.36	5.45	5.51	4.85
% total	99.50	95.86	98.08	96.31	98.09

Aliseda

Rendimiento:

En floración se obtuvo el valor de 2.72 % para PE y de 3.89 % y 6.67 % para FH. En fructificación el valor de PE fue 1.11 %, y en FH de 7.06 % y 7.33 %

Composición:

Limoneno+1-8 cineol no sobrepasa el 72 % en ningún caso. Destaca también en esta población no se observan tendencias claras en los componetes entre los estados de floración y fructificación a excepción del linalol, borneol y sabineno que disminuyen en fructificación. El componente terpinen-4-ol alcanza unos valores elevados con respecto a la mayoría de las poblaciones estudiadas.

Tabla 11. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Aliseda.

Población	Aliseda			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	0.21	0.33	0.56	0.48
canfeno	4.48	3.40	4.40	4.31
β -pineno	2.63	1.55	2.20	2.35
sabineno	2.62	2.41	1.51	1.78
β -mirceno	6.30	5.89	6.31	7.01
limoneno+1-8cineol	69.50	69.25	71.57	64.93
γ -terpineno	0.35	0.50	0.70	0.56
terpinoleno	0.64	0.30	0.15	0.68
linalol	2.51	3.52	0.90	1.20
borneol	2.19	1.43	1.55	t
terpinen-4-ol	3.80	4.82	3.95	5.27
terpineol	0.66	0.88	1.17	0.62
α -terpineol	4.02	5.35	4.68	5.21
% total	99.91	99.63	99.65	94.40

Badajoz

Rendimiento:

En el estado de floración, para PE se obtuvo 3.96 %, y para FH 6.84 % y 9.52 %. El resultado para la fructificación de PE fue de 2.90 %, mientras que para FH alcanzaron el 4.11 % y 8.38 %.

Composición:

La población de Badajoz destaca porque no se observa una tendencia clara en la aptitud de sus componentes entre los estados de floración y fructificación. Esto puede ser debido a que los datos obtenidos entre los dos años de estudio en algunos componentes tienen valores relativamente diferentes, casos del canfeno, limoneno+1,8 cineol o linalol.

Tabla 12. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Badajoz.

Población	Badajoz			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	t	0.20	t	0.42
canfeno	4.54	3.60	4.17	3.14
β -pineno	t	0.13	t	0.41
sabineno	3.07	2.39	2.03	1.93
β -mirceneno	7.80	7.57	7.34	6.15
limoneno+1-8cineol	76.07	70.12	73.33	75.40
γ -terpineno	t	0.44	0.60	0.58
terpinoleno	t	0.46	t	0.32
linalol	0.89	2.45	0.60	0.98
borneol	t	0.25	t	t
terpinen-4-ol	1.93	1.97	2.56	2.46
terpineol	0.80	0.76	1.06	1.06
α -terpineol	4.90	5.70	6.28	5.70
% total	100.00	96.04	97.97	98.55

Benquerencia de la Serena

Rendimiento:

Para PE los rendimientos fueron de 3.43 % y 3.68 %, y para FH de 7.79 % y 7.34 %, ambos en estado de floración. Para el estado de fructificación se tuvo 1.25 % y 3.52 % en PE, y 4.02 % y 7.44 % en FH.

Composición:

Los componentes limoneno+1,8 cineol, β -mirceno, los que mayor presencia tienen, tienden a disminuir en estado de fructificación, mientras que α -terpineol, tienden a aumentar. Los otros componentes no parecen tener una tendencia clara.

Tabla 13. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Benquerencia de la Serena.

Población	Benquerencia de la Serena			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0.27	0.12	0.41	t
canfeno	3.72	3,46	3.26	3.39
β -pineno	0.13	t	0.17	t
sabineno	2.63	2.71	1.50	2.90
β -mirceno	7.33	7.19	6.24	6.96
limoneno+1-8cineol	73.19	72.40	70.59	71.60
γ -terpineno	0.56	0.48	0.73	0.46
terpinoleno	0.29	0.61	0.38	0.43
linalol	0.92	1.85	1.06	1.01
borneol	0.25	t	0.40	0.14
terpinen-4-ol	1.82	1.89	2.47	1.89
terpineol	0.94	0.72	1.18	0.80
α -terpineol	5.37	5.53	7.26	6.32
% total	97.42	96.96	95.65	95.90

Bienvenida

Rendimiento:

Para el estado de floración, en PE se obtuvo un rendimiento de 3.31 % y 2.59 %, mientras que para FH los valores han sido 5.19 % y 4.02 %. Por otro lado, en fructificación para PE los valores fueron 3.70 % y 1.30 %, y para FH 4.03 % y 4.62 %.

Composición:

Se observó unas diferencias importantes entre los dos estados estudiados en los componentes limoneno+1,8 cineol y en el α -terpineol. En el limoneno+1,8 cineol se observa una disminución importante en el estado de fructificación, alcanzando diferencias próximas al 5 %, mientras que en el α -terpineol se observó un aumento en el estado de fructificación.

Tabla 14. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Bienvenida.

Población	Bienvenida			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0,22	t	0.21	0.33
canfeno	3,43	3,24	3.49	3.80
β -pineno	0,24	0,11	0.24	0.12
sabineno	2,79	3,19	2.97	2.92
β -mirceno	6,86	6,91	7.81	7.79
limoneno+1-8cineol	73,93	74,15	68,97	69.20
γ -terpineno	0,41	0,37	0,48	0.50
terpinoleno	0,44	0,29	0,71	0.98
linalol	1,37	1,17	0,42	1.08
borneol	0,35	0,20	0,25	t
terpinen-4-ol	2,06	1,96	2,38	2.11
terpineol	0,80	0,56	0,85	0.62
α -terpineol	5,10	6,17	7,15	7.09
% total	98,00	98,32	95,93	96.54

Descargamaría

Rendimiento:

En floración, esta población obtuvo, para PE 4.97 % y 3.02 %, y para FH 9.80 % y 9.40 %. En estado de fructificación PE alcanzó valores de 3.23 % y 2.84 %, y FH de 7.16 % y 9.06. Esta población fue la que obtuvo los mejores resultados de rendimiento de las estudiadas en estado silvestre.

Composición:

El par de componentes principales limoneno+1,8 cineol se situó entre 71.38 y 75.10 %, siendo también importante los valores de β -mirceno (7.58-6.89 %), α -terpineol (7.50-5.71 %), sabineno (3.45-1.65 %), canfeno (3.55-3.19 %) y terpinen-4-ol (2.45-1.77 %). No se observaron diferencias importantes entre los estados de floración y fructificación a nivel general.

Tabla 15. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Descargamaría.

Población	Descargamaría			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	área
α -pineno	0.17	0.20	0.28	0.18
canfeno	3.43	3.55	3.19	3.30
β -pineno	0.07	t	0.08	t
sabineno	3.42	3.45	1.65	2.32
β -mirceno	7.58	7.53	6.89	7.12
limoneno+1-8cineol	73.25	73.84	71.38	75.10
γ -terpineno	0.28	0.27	0.73	0.68
terpinoleno	0.88	0.28	0.20	0.23
linalol	0.47	0.62	0.49	0.44
borneol	0.16	0.20	0.44	0.14
terpinen-4-ol	1.77	1.99	2.45	2.05
terpineol	0.52	0.94	1.47	1.30
α -terpineol	5.71	6.52	7.50	6.55
% total	97.71	99.39	96.75	99.41

Fuente del Maestro

Rendimiento:

El estado de floración obtuvo los rendimientos de 3.12 % y 2.96 % para PE y, 6.31 % y 5.53 % para FH. Cuando la población se encontraba en estado de fructificación, para PE los valores fueron de 1.12 % y 1.60 %, mientras que para FH se obtuvo 5.32 % y 5.38 %.

Composición:

Mientras que limoneno+1,8 cineol disminuye considerablemente en el estado de fructificación respecto al de floración, β -mirceno y α -terpineol aumentan. Los otros componentes, incluyendo algunos con valores por encima del 2 %, caso de canfeno, sabineno o terpinen-4 ol, no tuvieron unos cambios importantes entre los dos periodos estudiados.

Tabla 16. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Fuente del Maestro.

Población	Fuente del Maestro			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0.23	t	0.44	0.35
canfeno	3.17	2.75	3.73	3.55
β -pineno	0.23	t	0.22	0.13
sabineno	1.69	2.42	1.94	2.53
β -mirceno	6.75	5.10	7.15	7.08
limoneno+1-8cineol	75.02	73.80	71.49	71.10
γ -terpineno	0.49	0.25	0.95	0.61
terpinoleno	0.30	0.18	0.28	0.47
linalol	0.98	2.61	1.91	1.22
borneol	0.37	0.32	0.32	0.31
terpinen-4-ol	2.12	1.73	2.18	2.11
terpineol	0.83	0.76	1.17	1.03
α -terpineol	4.95	5.20	6.44	6.50
% total	97.13	95.12	98.22	96.99

La Garganta

Rendimiento:

Esta población alcanzó los valores más bajos de rendimientos para esta especie. En floración, para PE los valores de rendimiento fueron de 2.07 % y 1.98 %, y para FH 3.55 % y 2.91 %. En el estado de fructificación los valores siguieron siendo bajos, siendo para PE de 1.98 y 1.33 y, para FH de 3.43 y 3.16.

Composición:

Esta población situada por encima de los 1000msm obtuvo algunas diferencias respecto a las demás poblaciones. Así por ejemplo el componente terpinen-4-ol alcanza un valor superior a otras poblaciones, con valores superiores en todos los casos al 4 %. Entre los estados de floración y fructificación resulta complicado intuir diferencias en sus componentes a excepción del linalol con una disminución en el estado de fructificación.

Tabla 17. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de La Garganta.

Población	La Garganta				
	floración		fructificación		
Año	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	0.40	0.41	0.58	0.22	0.26
canfeno	2.83	3.10	4.00	3.17	4.15
β -pineno	1.43	1.54	2.50	1.61	2.28
sabineno	2.32	2.40	1.37	1.91	2.11
β -mirceno	4.70	5.36	5.64	5.23	6.60
Limoneno+1- 8cineol	70.90	70.70	73.20	70.01	68.78
γ -terpineno	0.76	0.43	0.73	0.30	0.59
terpinoleno	0.47	0.43	t	0.41	0.18
linalol	2.94	3.46	0.95	1.99	2.19
borneol	0.72	0.48	0.70	0.80	0.65
terpinen-4-ol	4.08	4.55	4.98	4.11	4.82
terpineol	0.93	0.33	1.27	1.04	1.20
α -terpineol	2.52	3.22	2.74	2.99	3.42
% total	95.00	96.41	98.66	93.79	97.23

El Portanchito

Rendimiento:

Los valores de rendimiento en el estado de floración fueron de 2.78 % y 2.81 % para PE y entre 5.59-7.01 % para FH. En estado de fructificación los valores fueron de 1.94 % y 2.16 % en PE, estando comprendidos entre 6.38-9.28 % para los datos de FH.

Composición:

El componente más destacable volvió a ser el par limoneno+1-8 cineol con valores comprendidos entre 75.53 y 69.09 %. Sin embargo, no se observó una tendencia entre los estados estudiados de los componentes con mayores porcentajes a excepción de sabineno que disminuye en fructificación.

Tabla 18. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de El Portanchito.

Población	El Portanchito						
	Estado	floración			fructificación		
		Año	2002	2003	2004	2002	2003
α -pineno	t		0.28	0.30	t	0.54	0.77
canfeno		4.29	3.49	3.33	4.31	4.43	4.09
β -pineno		1.45	1.11	0.60	1.63	1.14	0.76
sabineno		2.77	2.55	3.11	1.62	1.91	1.80
β -mirceeno		7.15	6.19	6.63	6.32	7.47	7.65
limoneno+1-8cineol		73.53	73.15	71.15	75.53	69.09	71.50
γ -terpineno		0.47	0.38	0.39	0.58	0.73	0.58
terpinoleno	t		0.39	0.28	t	0.31	t
linalol		1.26	1.85	2.65	0.65	1.27	1.88
borneol	t		0.29	t	t	0.27	t
terpinen-4-ol		3.75	3.47	3.13	4.11	3.78	3.03
terpineol		0.87	0.70	0.43	0.95	1.12	0.95
α -terpineol		4.45	4.30	5.92	4.31	5.67	5.99
% total		99.99	98.15	97.92	100.01	97.73	99.00

Santo Domingo

Rendimiento:

Esta población obtuvo un valor de 3.70 % para PE y, 5.00 % y 7.61 % para FH en floración. En el estado de fructificación, para PE el rendimiento fue de 5.24 %, mientras que para FH los valores obtenidos fueron 5.81 % y 6.50 %.

Composición:

Esta población tuvo unos valores diferentes en algunos de sus componentes mayoritarios entre los estados de floración y fructificación. Así, mientras limoneno+1,8 cineol disminuyen en fructificación, β -mirceno aumenta considerablemente. En los demás componentes, incluidos algunos mayoritarios, no se intuyen tendencias claras.

Tabla 19. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Santo Domingo.

Población	Santo Domingo			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	t	0.39	0.56	0.39
canfeno	4.20	3.06	5.65	3.33
β -pineno	2.11	0.70	0.80	0.40
sabineno	2.70	2.41	2.70	2.21
β -mirceno	7.55	5.80	9.02	6.80
limoneno+1-8cineol	73.90	74.95	70.50	72.01
γ -terpineno	0.50	0.32	0.65	0.53
terpinoleno	0.80	0.49	0.20	0.85
linalol	0.85	1.60	0.70	0.31
borneol	t	t	t	t
terpinen-4-ol	2.10	2.19	2.01	2.40
terpineol	t	0.81	1.04	0.86
α -terpineol	4.20	5.30	5.10	6.95
% total	98.91	98.02	98.93	97.04

Los Santos de Maimona

Rendimiento:

Los Santos de Maimona tuvo unos valores de rendimiento de 1.98 % en PE y, 3.65 % y 4.96 % para FH, en floración. Cuando la planta se encontraba fructificada, el rendimiento para PE fue de 1.85 %, siendo para FH de 3.00 % y 6.31 %.

Composición:

La población de Los Santos de Maimona fue la que obtuvo el valor superior en el par de componentes mayoritario limoneno+1,8 cineol, llegando a alcanzar 80.20 % en el estado de fructificación el año 2002. α -terpineol y β -mirceno obtuvieron valores superiores al 5 %. El único componente que parece tener una tendencia clara entre los dos estados estudiados parece ser el linalol que disminuye en fructificación.

Tabla 20. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Los Santos de Maimona.

Población	Los Santos de Maimona			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	0.19	t	t	0.40
canfeno	2.16	3.59	3.02	3.93
β -pineno	0.28	t	0.63	0.28
sabineno	2.11	2.93	1.52	2.76
β -mirceno	5.25	6.69	5.40	7.55
limoneno+1-8cineol	71.80	74.98	80.20	72.98
γ -terpineno	0.52	0.89	0.67	0.61
terpinoleno	0.64	0.36	t	0.67
linalol	4.59	2.42	0.67	0.78
borneol	t	t	t	0.29
terpinen-4-ol	2.48	1.89	2.54	2.30
terpineol	0.82	0.80	1.05	0.87
α -terpineol	6.66	4.86	4.29	5.94
% total	97.50	99.41	99.99	99.36

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Villafranca de los Barros

Rendimiento:

En el estado de floración, para PE los valores fueron de 3.66 % y 3.58 %, alcanzando unos valores comprendidos entre 4.55-6.25 en FH. Para la fructificación en PE los rendimientos fueron de 2.23 % y 2.18 % y, entre 4.52-6.31 % en FH.

Composición:

Limoneno+1-8 cineol y sabineno tienden a disminuir en el estado de fructificación respecto a la floración, mientras que terpinen-4-ol y α -terpineol tienen un comportamiento opuesto.

Tabla 21. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población de Villafranca de los Barros.

Población	Villafranca de los Barros					
	Estado	floración			fructificación	
Año	2002	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	t	0.27	t	0.58	0.42	0.40
canfeno	4.18	3.38	3.29	4.44	3.63	3.54
β -pineno	t	0.13	t	0.42	0.19	t
sabineno	3.37	2.59	2.69	1.61	1.97	2.25
β -mirceno	8.08	6.60	6.18	7.97	7.01	6.91
limoneno+1-8cineol	73.70	74.22	77.34	72.01	72.43	73.52
γ -terpineno	0.54	0.57	0.51	0.88	0.67	0.76
terpinoleno	0.40	0.35	t	t	0.29	0.34
linalol	0.73	2.04	2.40	2.00	0.91	0.90
borneol	t	0.33	t	t	0.44	t
terpinen-4-ol	1.93	1.89	1.63	2.50	2.25	2.14
terpineol	0.82	0.85	0.66	1.38	1.19	1.21
α -terpineol	5.22	5.03	4.24	5.30	6.07	6.15
% total	98.97	98.25	98.94	99.09	97.47	98.12

Alía (cultivo)Rendimiento:

Esta población cultivada obtuvo un valor de 2.81 % en PE y 4.86 % en FH, ambos en floración. En el estado de fructificación, para PE se obtuvieron unos rendimientos de 6.96 % y 4.09 %, siendo para FH de 11.14 % y 9.84 %.

Composición:

No se observan diferencias importantes entre los datos obtenidos en el cultivo y la población silvestre, a excepción del limoneno+1,8 cineol, que disminuye en el estado de fructificación (de 75.52-77.96 % a 69.32-70.60 %), y el β -mirceno que aumenta en el estado de fructificación (de 4.65-5.72 % a 7.94-8.67%).

Tabla 22. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población cultivada de Alía.

Población	Alía (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2003
α -pineno	0.23	0.16	0.24
canfeno	3.45	3.95	3.95
β -pineno	t	0.22	0.57
sabineno	2.53	3.17	3.44
β -mirceno	6.87	8.67	7.94
limoneno+1-8cineol	74.30	69.32	70.60
γ -terpineno	0.42	0.36	0.49
terpinoleno	0.56	0.80	0.46
linalol	2.06	0.47	0.47
borneol	0.18	0.28	t
terpinen-4-ol	1.98	2.24	2.86
terpineol	0.75	0.72	1.02
α -terpineol	5.25	6.50	6.39
% total	98.58	96.86	98.43

La Garganta (cultivo)

Rendimiento:

Este cultivo tuvo unos rendimientos en el estado de floración de 2.78 % y 5.04 % para PE y FH respectivamente. En fructificación, los valores de rendimientos fueron de 3.57 % y 1.92 % para PE y de 5.40 % y 5.85 % para FH. Dichos valores de rendimientos fueron los más bajos de las poblaciones estudiadas en cultivo, e incluso menores que varias poblaciones silvestres estudiadas.

Composición:

Los valores de limoneno+1,8-cineol son menores en la población cultivada (63.32-66.75 %) que en la silvestre (68.78-73.20 %). Por el contrario, β -mirceno aumenta (de 4.70-6.60 % en silvestre a 6.20-7.80 % en cultivo). Los demás componentes parecen tener comportamientos similares.

Tabla 23. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población cultivada de La Garganta.

Población	La Garganta (cultivo)		
	Estado	floración	fructificación
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.27	0.32	0.40
canfeno	3.66	4.63	4.35
β -pineno	1.53	2.18	1.67
sabineno	2.74	3.27	3.63
β -mirceno	6.20	7.80	7.75
limoneno+1-8cineol	66.75	63.36	65.60
γ -terpineno	0.72	0.35	0.42
terpinoleno	0.81	0.76	0.56
linalol	3.22	1.98	1.39
borneol	0.30	0.26	0.32
terpinen-4-ol	4.31	4.75	3.01
terpineol	0.68	0.68	0.95
α -terpineol	3.79	3.47	2.86
% total	94.98	93.81	92.91

El Portanchito (cultivo)

Rendimiento:

El estado fructificación de esta población cultivado obtuvo unos valores de rendimientos en floración de 4.00 % para PE y de 7.61 % en FH. Cuando fue recolectada en estado de fructificación, para PE los rendimientos fueron de 6.67 % y 2.73 %. Los rendimientos para FH en fructificación alcanzaron los 12.22 % y 10.00 %. Esta población cultivada de El Portanchito fue la que alcanzó los mayores rendimientos.

Composición:

Los valores de limoneno+1,8 cineol son menores en el cultivo respecto a la población silvestre tanto en el estado de floración (de 71.15-73.53 % a 68.69 %) como en el estado de fructificación (de 69.09-75.53 % a 65.49-66.66 %). β -mirceno y sabineno por el contrario aumenta en el estado de fructificación del cultivo.

Tabla 24. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población cultivada de El Portanchito.

Población	El Portanchito (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.25	0.19	0.15
canfeno	3.62	4.58	4.80
β -pineno	0.79	0.86	0.56
sabineno	3.15	3.92	4.17
β -mirceno	6.82	9.03	8.57
limoneno+1-8cineol	68.69	65.49	66.66
γ -terpineno	0.28	0.37	0.31
terpinoleno	0.67	0.78	1.04
linalol	3.42	1.13	0.84
borneol	t	t	t
terpinen-4-ol	3.45	3.21	2.81
terpineol	0.68	0.69	0.60
α -terpineol	5.79	6.61	7.12
% total	97.61	96.86	97.63

Villafranca de los Barros (cultivo)

Rendimiento:

La muestra de esta población cultivada, en floración, obtuvo unos valores de 3.41 % y 6.32 % para PE y FH respectivamente. En estado de fructificación, para PE los valores fueron de 5.62 % y 2.84 %, y de 8.58 % y 12.03 % en FH.

Composición:

Se observan algunas diferencias entre la población silvestre y cultivada en el material estudiado de Villafranca de los Barros, destacando los resultados para sabineno en el estado de fructificación con valores de 3.85-4.24 % en cultivo y de 1.61-2.25 % en silvestre. En limoneno+1,8 cineol y el β -mirceno también se observan diferencias.

Tabla 25. Composición química del aceite esencial de *Th. mastichina* en la población cultivada de Villafranca de los Barros.

Población	Villafranca de los Barros (cultivo)		
	Estado	floración	fructificación
Año	2004	2003	2004
β -pineno	0.20	0.20	0.16
canfeno	3.16	4.55	4.51
b-pineno	t	0.23	0.23
sabineno	2.81	3.85	4.24
β -mirceno	6.42	8.78	9.32
limoneno+1-8cineol	71.67	70.27	69.27
γ -terpineno	0.40	0.49	0.39
terpinoleno	0.89	0.73	0.72
linalol	2.80	0.85	0.80
borneol	0.19	t	t
terpinen-4-ol	2.09	1.98	2.18
terpineol	0.61	0.72	0.69
α -terpineol	6.07	5.87	6.48
% total	97.31	98.52	98.99

En la figura 15 se representan los incrementos y decrementos de los componentes de los aceites esenciales del estado de fructificación respecto al estado de floración para la especie *Th. mastichina*. En la figura 16 se representan los incrementos y decrementos de los componentes de los aceites esenciales entre las poblaciones cultivadas y sus homólogas silvestres.

Figura 15. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales de *Th. mastichina* del estado de fructificación respecto al estado de floración. En color amarillo cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares entre los dos estados.

<i>Th.mastichina</i>	Alconera	Alía	Aliseda	Badajoz	Benquerencia	Bienvenida	Descargamaria	Fuente del Maestre	La Garganta	El Portanchito	Santo Domingo	Los Santos Maimona	Villafranca de Barros	Alía (C)	La Garganta(C)	Portanchito (C)	Villafranca Barros (C)
α -pineno																	
canfeno																	
b-pineno																	
sabineno																	
mirceno																	
limoneno+1-Scineol																	
g-terpineno																	
terpinoleno																	
linalol																	
borneol																	
terpinen-4-ol																	
terpineol																	
a-terpineol																	

Figura 16. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales de *Th. mastichina*, del cultivo respecto la población silvestre. En color amarillo cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares entre los dos estados.

<i>Th.mastichina</i>	Alía		La Garganta		El Portanchito		Villafranca de los Barros	
	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación
α -pineno								
canfeno								
b-pineno								
sabineno								
mirceno								
limono + 1-8cineol								
g-terpineno								
terpinoleno								
linalol								
borneol								
terpinen-4-ol								
terpineol								
a-terpineol								

Thymus praecox subsp. *penyalarensis*

El Calvitero

Rendimientos:

El análisis del rendimiento para esta población fue realizado en el año 2004. Únicamente se realizó el análisis de planta entera (PE) por tratarse de una especie incluida en la lista de especies protegidas de Extremadura. El rendimiento en el estado de floración fue de 1.25 %, mientras que para el estado de fructificación se obtuvo un 0.94 %.

Composición:

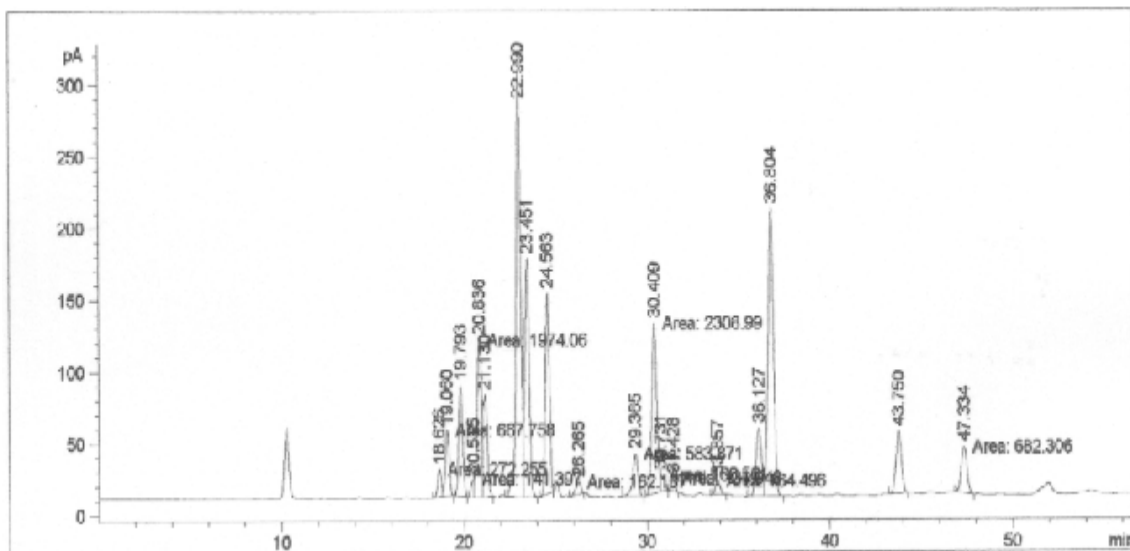


Figura 17. Cromatografía de *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*. El Calvitero. 12-08-2004 (fructificación).

Esta especie, endémica del Sistema Central, destaca por poseer un número importante de componentes que en algún caso sobrepasan el 15 % del total. Son los casos de timol, carvacrol, *p*-cimeno, *cis*- β -ocimeno. Otros componentes también son importantes, como α -terpineol, β -mirceno o γ -terpineno. Pero lo que destaca en estos resultados es las diferencias en porcentajes entre la composición en el estado de floración y el estado de fructificación. En el momento en el que se realizaron las extracciones ya se podían intuir estas diferencias al disponer los aceites de la floración y fructificación tonalidades claramente diferentes.

Tabla 26. Composición química del aceite esencial de *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* en la población de El Calvitero. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales del estado de fructificación respecto al estado de floración. En color amarillo cuando los valores son muy similares entre los dos estados.

Población	El Calvitero	
	floración	fructificación
Año	2004	2004
α -pineno	0.73	t
canfeno	2.44	2.85
β -pineno	3.32	4.95
β -mirceno	9.22	8.99
limoneno+1-8cineol	t	4.36
<i>p</i> -cimeno	16.90	21.79
<i>cis</i> - β -ocimeno	16.18	11.40
γ -terpineno	0.86	9.35
α -terpineol	8.14	10.59
timol	18.60	4.17
carvacrol	11.66	17.65
k	5.28	3.88
% total	93.33	99.98

Thymus pulegioides (cultivo)

La Garganta (cultivo)

Rendimientos:

Los rendimientos obtenidos para esta población cultivada en floración fue de 2.77 % para PE y 3.60 % para FH. En fructificación, para PE se alcanzó un 1.36 % y para FH 2.22 %.

Composición:

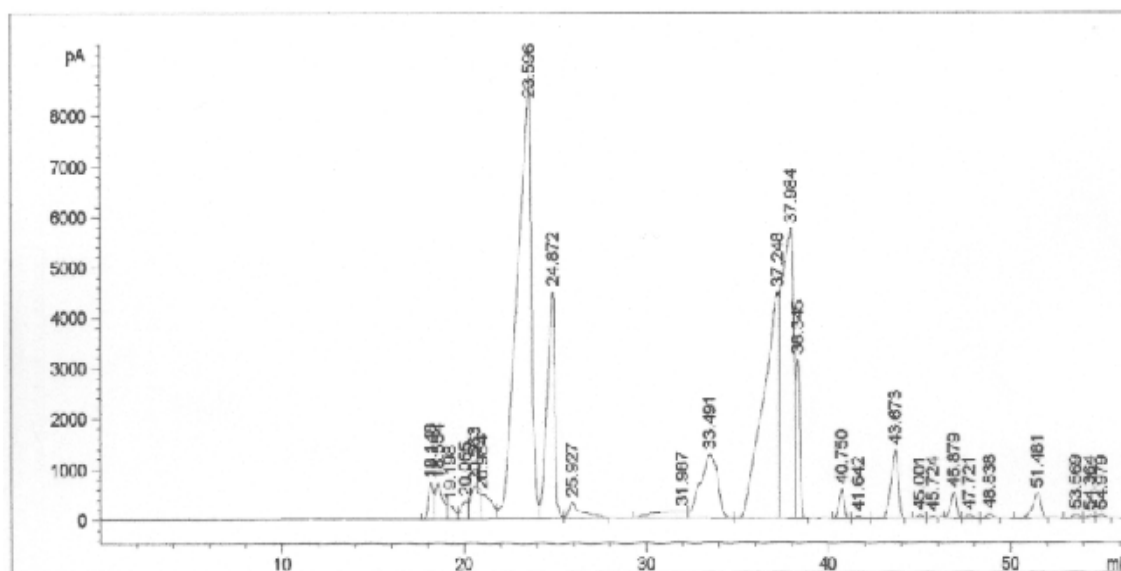


Figura 18. Cromatografía de *Thymus pulegioides*. La Garganta. 5-07-2004 (fructificación). CULTIVO

La composición de esta especie, al igual que la anterior, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, se caracterizó por unas diferencias importantes a nivel cuantitativo entre la floración y la fructificación (también se observaron diferencias en las tonalidades de las esencias). Así por ejemplo el componente timol, que en floración es el mayoritario con un 41.90 %, no sobrepasa el 20 % en fructificación. Otros componentes que sufren importantes cambios son el carvacrol (de 4.48 a 17.90 %), *p*-cimeno (de 13.54 a 31.93 %) o γ -terpineno (de 22.06 a 8.69 %), entre otros.

Tabla 27. Composición química del aceite esencial de *Th. pulegioides* en la población cultivada de La Garganta. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales del estado de fructificación respecto al estado de floración. En color amarillo cuando los valores son muy similares entre los dos estados.

Población	La Garganta (cultivo)	
	floración	fructificación
Año	2004	2004
α -pineno	1.23	0.94
canfeno	1.27	1.41
β -pineno	0.30	0.48
sabineno	t	0.66
β -mirceno	3.56	1.50
limoneno+1-8-cineol	t	1.27
<i>p</i> -cimeno	13.54	31.93
γ -terpineno	22.06	8.69
linalol	0.25	1.01
α -terpineol	0.96	1.13
citronelol	1.70	t
geraniol	3.28	5.61
timol	42.90	18.23
carvacrol	4.48	17.90
b-carofileno	t	3.21
l	t	0.78
m	3.30	2.57
n	0.14	0.08
ñ	0.13	0.06
o	0.68	0.80
p	0.16	0.11
% total	99.94	98.37

Th. zygis subsp. *gracilis*

Badajoz

Rendimiento:

Los rendimientos para la floración en PE fueron de 1.73 % y 3.56 %, y en FH los valores se situaron entre 3.31-5.19 %. Para la fructificación, en PE los rendimientos fueron de 0.73 % y 2.14 %, mientras que para FH los valores fueron de 1.54-5.05 %.

Composición:

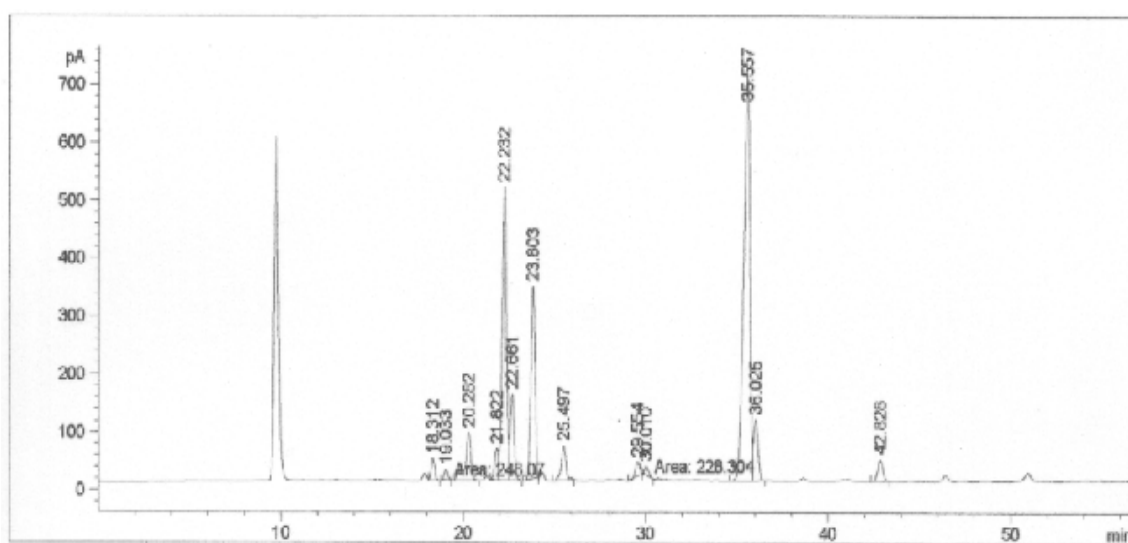


Figura 19. Cromatografía de *Thymus zygis* subsp. *gracilis*. Badajoz. 20-05-2003 (floración).

El componente principal en este taxon fue timol con valores comprendidos entre 73.96 y 41.87 %. Le siguieron el *p*-cimeno (30.73-8.75 %), que aumentó en el estado de fructificación respecto a la floración y, γ -terpineno (3.35-12.91 %) que disminuyó. Otros componentes con valores por encima del 1 % fueron carvacrol, linalol, limoneno+1,8 cineol, β -mirceno y canfeno.

Tabla 28. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *gracilis* en la población de Badajoz.

Población	Badajoz					
	floración			fructificación		
Año	2002	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	0.36	t	0.34	0.39	t	0.37
canfeno	1.34	1.31	0.50	1.13	0.83	1.07
β -pineno	0.46	0.63	0.16	1.00	0.51	0.33
sabineno	0.29	0.40	0.16	t	t	0.35
β -mirceno	2.93	3.90	1.78	1.21	1.46	2.42
limoneno+1-8cineol	2.09	1.77	1.45	0.78	0.50	0.96
<i>p</i> -cimeno	23.80	21.13	8.75	30.73	23.78	28.54
cis- β -ocimeno	t	5.72	t	t	3.19	t
γ -terpineno	11.40	12.91	9.63	4.31	3.35	4.94
linalol	1.83	2.62	1.06	1.44	1.45	2.21
borneol	0.63	0.92	0.36	1.44	0.87	0.63
Terpinen-4-ol	1.02	0.58	0.52	0.79	0.84	1.31
α -terpineol	t	t	t	t	t	t
nerol	t	t	t	t	t	t
timol	49.45	41.87	73.96	55.24	62.17	50.70
carvacrol	3.45	4.43	t	0.97	1.02	3.24
Q	t	t	t	t	t	t
t-cariofileno	0.92	1.81	0.95	t	t	1.06
% total	99.97	100.00	99.62	99.43	99.97	98.13

Badajoz (cultivo)

Rendimiento:

Los resultados de esta población cultivada en floración fueron de 4.26 % en PE y 7.40 % en FH. En estado de fructificación, para PE se obtuvo 1.44 % y 0.87 %, y 2.43 % y 1.87 % para FH.

Composición:

Los componentes timol y *p*-cimeno son los componentes más destacables. También destacan las diferencias en los resultados del estado de fructificación, donde los componentes principales alcanzan valores bastante dispares (timol con 28.18 y 65.67 %, *p*-cimeno con 31.17 y 21.63 % o γ -terpineno con valores de 16.39 y 4.74 %).

Tabla 29. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *gracilis* en la población cultivada de Badajoz.

Población	Badajoz (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.17	1.95	0.63
canfeno	1.09	2.02	0.90
β -pineno	t	1.12	0.30
sabineno	t	0.59	0.27
β -mirceeno	4.13	4.41	1.60
limoneno+1-8cineol	3.04	2.13	0.46
<i>p</i> -cimeno	18.46	31.17	21.63
cis- β -ocimeno	t	t	t
γ -terpineno	10.90	16.39	4.74
linalol	1.72	2.25	1.00
borneol	0.41	t	0.50
terpinen-4-ol	1.20	1.85	0.81
α -terpineol	t	0.94	t
nerol	t	t	t
timol	48.53	28.19	65.67
carvacrol	7.35	4.33	1.49
q	t	t	t
t-cariofileno	2.99	1.37	t
% total	99.99	98.71	100.00

Th. zygis* subsp. *sylvestris

Esta especie, *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, de la que se dispuso de información de 5 poblaciones, fue la que proporcionó los datos más complejos, tanto los obtenidos para cada población, donde se observaron resultados claramente diferentes entre los estados vegetativos estudiados (poblaciones de Guadajira y Solana de los Barros), años de recolección (población de La Albuera en el estado de floración) e incluso claras diferencias entre las poblaciones (población de Cabeza del Buey respecto a las demás).

La Albuera**Rendimiento:**

La población estudiada de La Albuera obtuvo, para el estado de floración, un valor de rendimiento de 1.52 % para PE, mientras que para FH los rendimientos fueron de 2.13 % y 2.19 %. En fructificación, para PE el rendimiento fue de 0.66 %, y para FH de 1.21 % y 1.33 %.

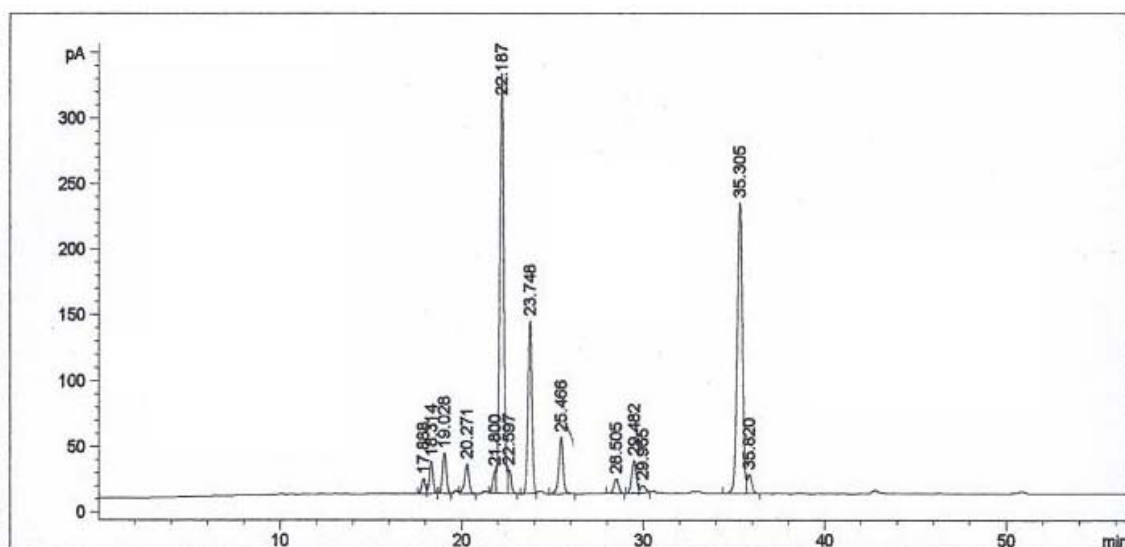
Composición:

Figura 20. Cromatografía de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. La Albuera. 3-06-2002 (floración).

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

En esta población *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* tiene como componente mayoritario al *p*-cimeno, con valores comprendidos entre 21.13 y 43.31 %. Le sigue el timol con valores entre 23.81 y 51.30 %. Otros componentes importantes son γ -terpineno, linalol, β -pineno, *cis*- β -ocimeno, terpinen-4-ol, carvacrol y canfeno. En fructificación aumenta *p*-cimeno, *cis*- β -ocimeno, linalol y terpinen-4-ol, mientras que timol y γ -terpineno disminuyen.

Tabla 30. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* en la población de La Albuera.

Población	La Albuera			
	floración		fructificación	
Año	2002	2003	2002	2003
α -pineno	1.07	0.59	0.93	0.71
canfeno	2.27	1.37	1.98	1.74
β -pineno	3.00	1.42	3.24	2.37
sabineno	t	t	t	0.18
β -mircenol	2.52	2.15	1.89	2.15
limoneno+1-8cineol	1.36	1.14	t	t
<i>p</i> -cimeno	33.98	21.13	43.31	37.02
<i>cis</i> - β -ocimeno	1.55	1.16	4.86	4.46
γ -terpineno	13.27	10.12	4.67	2.94
linalol	4.77	3.83	5.34	6.06
borneol	1.34	t	2.35	2.90
terpinen-4-ol	2.95	2.02	4.26	3.10
α -terpineol	0.71	t	0.78	0.50
nerol	t	0.41	t	0.88
timol	29.49	51.30	23.81	29.94
carvacrol	1.71	1.52	1.86	1.55
q	t	t	t	t
t-cariofileno	t	1.01	t	0.67
% total	99.99	99.17	99.28	97.17

Cabeza del Buey

Rendimiento:

Los rendimientos en esta población fueron de 0.32 % y 1.56 % para PE y, de 2.45 % y 3.05 % para FH, en floración. En fructificación, para PE los resultados fueron de 0.88 % y 0.93 % y, 1.79 y 1.72 % para FH.

Composición:

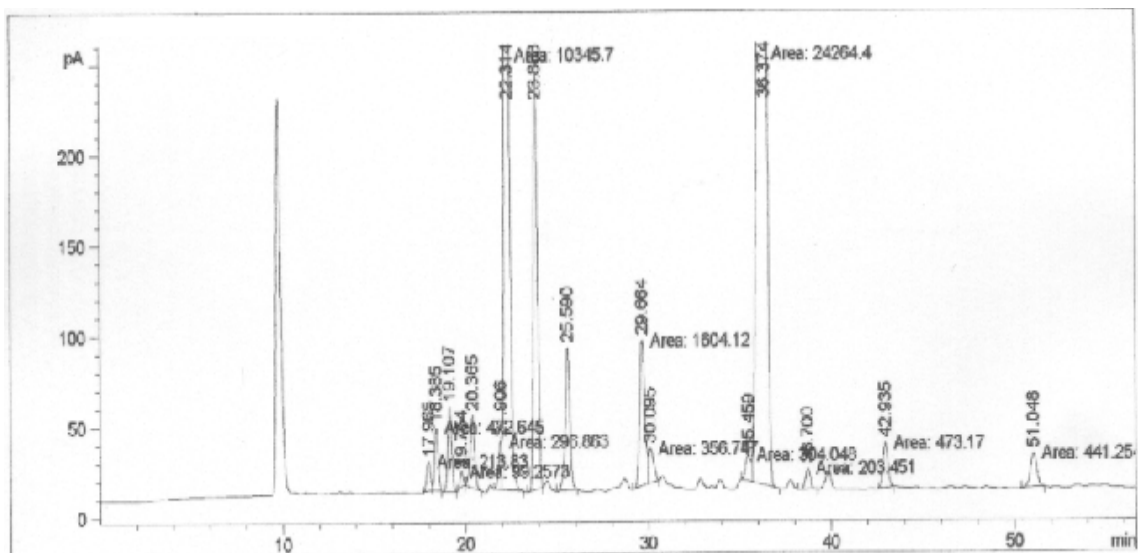


Figura 21. *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. Cabeza del Buey. 28-07-2004 (fructificación).

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

La población de Cabeza del Buey se caracteriza y diferencia de las demás poblaciones de esta misma subespecie por tener como elemento mayoritario al carvacrol, con valores comprendidos entre el 42.46 y 61.61 %, siendo siempre mayor en floración que en fructificación. *p*-cimeno y γ -terpineno son también mayoritarios con valores por encima del 10 %. *p*-cimeno aumenta en fructificación claramente respecto a la floración.

Tabla 31. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* en la población de Cabeza del Buey.

Población	Cabeza del Buey			
	floración		fructificación	
Estado				
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0.37	0.43	0.74	0.47
canfeno	1.04	0.68	1.69	1.04
β -pineno	0.90	0.78	2.49	1.54
sabineno	0.32	0.30	0.27	0.22
β -mirceno	2.48	1.85	2.09	1.47
limoneno+1- δ cineol	1.37	1.38	1.06	0.66
<i>p</i> -cimeno	13.70	9.92	18.91	22.82
cis- β -ocimeno	3.37	t	t	t
γ -terpineno	11.62	12.17	12.40	7.80
linalol	2.17	2.19	2.88	2.99
borneol	t	t	t	t
terpinen-4-ol	2.74	1.49	4.60	3.54
α -terpineol	0.59	t	0.61	0.79
nerol	t	t	2.03	t
timol	0.81	0.60	0.47	0.67
carvacrol	56.20	61.61	42.46	53.53
q	t	t	2.44	t
t-cariofileno	1.12	1.47	0.74	1.04
% total	98.80	94.87	95.88	98.58

Guadajira

Rendimiento:

Para la floración, los rendimientos en PE fueron de 0.9 % y 1.44 %, situándose entre 1.43-2.16 % en FH. En fructificación los rendimientos de PE fueron 0.50 % y 0.84 %, y entre 0.96-1.35 % para FH.

Composición:

p-cimeno fue el elemento mayoritario en esta población con valores entre 43.50 y 20.54 %. Timol también alcanzó valores elevados, comprendidos entre los 16.37 y los 35.68 %. Este componente tiende a disminuir en fructificación, mientras que *p*-cimeno tiende a subir. Algunos componentes, entre los que se incluyen *p*-cimeno, timol y γ -terpineno tuvieron unos resultados bastantes diferentes entre los años de estudio, sobre todo el años 2004 respecto a los años 2002 y 2003.

Tabla 32. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* en la población de Guadajira.

Población	Guadajira					
	floración			fructificación		
Año	2002	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	0.87	1.39	0.78	0.96	0.63	0.93
canfeno	0.87	1.30	1.20	2.82	1.84	1.96
β -pineno	0.37	0.96	1.68	6.20	4.25	3.17
sabineno	t	t	t	t	t	0.23
β -mirceeno	2.00	2.14	1.67	2.19	1.83	2.26
limoneno+1-8cineol	0.59	0.62	0.88	t	t	1.06
<i>p</i> -cimeno	31.34	30.79	22.46	37.81	43.50	20.54
cis- β -ocimeno	5.67	6.47	0.73	6.87	t	2.46
γ -terpineno	5.78	5.84	10.70	1.96	1.77	14.09
linalol	9.62	7.37	18.43	11.18	12.37	12.59
borneol	1.77	1.06	1.16	4.27	3.95	2.94
terpinen-4-ol	5.42	3.14	2.25	7.54	6.41	5.24
α -terpineol	t	0.80	t	0.78	1.20	0.40
Nerol	1.12	0.96	0.96	1.00	2.13	0.73
Timol	32.42	35.50	35.68	14.32	16.37	28.90
carvacrol	1.60	1.66	1.40	1.21	1.14	1.21
Q	t	t	t	t	t	t
t-cariofileno	t	t	t	t	0.26	0.67
% total	99.44	100.00	99.98	99.11	97.65	99.38

Guadajira (“atacada”)

Rendimiento:

Esta muestra, recolectada en la misma zona que la anterior en el años 2004, obtuvo en floración unos rendimientos de 0.94 % para PE y de 1.43 % para FH. En estado de fructificación los valores fueron de 0.63 % y 0.88 % para PE y FH respectivamente.

Composición:

En las muestras analizadas de material enfermo se observan algunos valores sensiblemente diferentes con respecto al material sano. Así por ejemplo, el timol en estado de floración tiene un 13.18 %, mientras que en el material sano el timol tiene siempre valores por encima del 32 %. Por otro lado el linalol, que en planta sana no supera el 19 %, aquí tiene 28.91 %.

Tabla 33. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* “atacada” en la población de Guadajira.

Población	Guadajira (atacada)	
	floración	fructificación
Año	2004	2004
α -pineno	0.86	0.92
canfeno	2.08	2.36
β -pineno	4.41	4.92
sabineno	0.26	t
β -mirceno	2.13	1.72
limoneno+1-8cineol	0.30	0.35
<i>p</i> -cimeno	27.94	40.62
cis- β -ocimeno	3.29	2.37
γ -terpineno	1.92	2.79
linalol	28.91	14.12
borneol	4.15	4.01
terpinen-4-ol	6.91	6.73
α -terpineol	0.69	0.93
nerol	0.76	0.78
timol	13.18	16.14
carvacrol	0.83	1.24
q	t	t
t-cariofileno	t	t
% total	98.62	100.00

Los Santos de Maimona

Rendimiento:

Esta población obtuvo rendimientos del 1.09 % y 1.09 % para PE y entre 1.92-2.25% para FH en estado de floración. En fructificación los rendimientos fueron de 0.35 % y 0.79 % para PE y de 0.80-1.40 % para FH.

Composición:

Los componentes mayoritarios vuelven a ser *p*-cimeno (16.40-40.40 %) y timol (18.81-35.42 %). Linalol con valores comprendidos entre 18,83 y 10.24 es también mayoritario. Podemos destacar también los valores obtenidos por *cis*- β -ocimeno, donde el año 2002 en floración alcanza el 21.66 %.

Tabla 34. Composición química del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* en la población de Los Santos de Maimona.

Población	Los Santos de Maimona					
	Estado	floración			fructificación	
Año	2002	2003	2004	2002	2003	2004
α -pineno	1.09	0.69	0.67	0.93	0.72	0.76
canfeno	2.70	1.44	1.15	2.35	1.65	1.65
β -pineno	1.95	1.52	1.09	4.40	2.65	3.03
sabineno	0.97	0.34	t	t	0.32	t
β -mircenol	4.21	2.37	2.16	2.19	1.97	2.05
limoneno+1-8cineol	1.06	1.12	1.24	t	t	t
<i>p</i> -cimeno	16.40	22.87	17.40	40.40	34.87	34.90
<i>cis</i> - β -ocimeno	21.66	4.99	7.86	5.78	5.81	3.16
γ -terpineno	9.75	8.01	10.72	2.82	2.19	2.96
Linalol	10.24	17.40	17.60	12.30	10.83	18.83
borneol	1.02	0.33	1.11	5.70	2.44	2.24
terpinen-4-ol	2.25	1.02	1.27	t	3.23	5.10
α -terpineol	0.76	t	t	0.76	0.90	0.79
Nerol	0.60	0.81	0.57	1.34	1.00	t
Timol	22.44	34.55	35.42	18.81	26.97	22.66
carvacrol	1.19	1.46	1.57	1.91	2.02	1.87
Q	t	t	t	t	t	t
t-cariofileno	t	0.92	t	t	0.50	t
% total	98.29	99.84	99.83	99.69	98.07	100.00

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Solana de los Barros

Rendimiento:

En el estado de floración, Solana de los Barros tuvo unos rendimientos de 1.26 % y 1.74 % para PE, y de 2.27-2.81 % para FH. La muestra recolectada en estado de fructificación tuvo rendimientos de 0.93 % y 0.97 % para PE, y de 1.18-1.92 % para FH.

Composición:

En floración el componente mayoritario es timol con valores entre 41.03 y 49.50 %, mientras que en el estado de fructificación *p*-cimeno alcanza los mayores porcentajes (37.81-42.43 %). También γ -terpineno varía considerablemente entre los dos estados estudiados.

Tabla 35. Composición química del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* en la población de Solana de los Barros.

Población	Solana de los Barros						
	Estado	floración			fructificación		
		Año	2002	2003	2004	2002	2003
α -pineno		0.86	0.83	0.67	1.08	0.68	0.93
canfeno		2.03	2.00	1.21	2.48	2.01	1.92
β -pineno		2.98	2.54	1.32	3.95	2.79	2.62
sabineno		t	t	t	0.32	t	t
β -mirceno		2.36	2.33	2.10	2.36	1.86	2.22
limoneno+1-8cineol		1.58	0.76	1.34	0.54	0.48	0.42
<i>p</i> -cimeno		20.33	25.75	17.66	37.81	42.43	40.48
cis- β -ocimeno		1.23	1.84	1.31	4.63	1.19	2.41
γ -terpineno		13.74	7.83	13.30	3.86	2.89	4.10
Linalol		7.09	5.78	6.21	4.14	5.44	6.53
borneol		1.56	1.54	0.90	1.74	1.55	1.65
terpinen-4-ol		2.46	3.68	1.65	5.48	2.72	3.40
α -terpineol		t	t	t	0.79	t	0.69
Nerol		t	0.66	0.30	0.56	0.59	0.86
Timol		41.03	42.29	49.50	27.23	31.54	29.44
carvacrol		1.92	2.16	2.53	2.28	3.62	2.30
Q		t	t	t	t	t	t
t-cariofileno		0.83	t	t	t	t	t
% total		100.00	99.99	100.00	99.25	99.79	99.97

Guadajira (cultivo)Rendimiento:

Para PE el rendimiento fue de 1.72 % y para FH fue de 2.22 %, ambos en estado de floración. En fructificación PE tuvo valores de 0.85 % y 0.60 %, mientras que FH los rendimientos fueron de 1.09 % y 0.81 %.

Composición:

El componente mayoritario es timol con valores superiores en cultivo que en el estado silvestre, sobre todo en el estado de floración (48.40 %, respecto a 32.42-35.68 %). Por el contrario *p*-cimeno obtiene valores menores en cultivo.

Tabla 36. Composición química del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* en la población cultivada de Guadajira.

Población	Guadajira (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.58	1.18	1.16
canfeno	1.16	2.98	2.41
β -pineno	1.47	4.31	4.29
sabineno	t	0.39	0.33
β -mirceno	1.67	2.70	2.67
limoneno+1-8cineol	1.07	0.56	0.86
<i>p</i> -cimeno	18.70	25.79	27.60
cis- β -ocimeno	1.35	2.31	2.28
γ -terpineno	9.18	8.66	7.67
linalol	11.99	14.10	15.98
borneol	0.86	3.61	3.84
terpinen-4-ol	1.87	6.34	6.00
α -terpineol	t	t	0.77
nerol	t	1.14	t
timol	48.40	23.34	22.86
carvacrol	1.69	1.02	1.28
q	t	t	t
t-cariofileno	t	0.31	t
% total	99.99	98.74	100.00

Los Santos de Maimona (cultivo)

Rendimiento:

Los rendimientos, en estado de floración fueron de 3.25 % y 4.19 % en PE y FH respectivamente. En fructificación los valores de rendimiento fueron 1.52 % y 0.55 % para PE y, 1.92 % y 1.81 % para FH.

Composición:

El timol aumenta en cultivo mientras que *p*-cimeno disminuye. En los dos años de estudio en la fructificación se observaron diferencias importantes en los dos componentes mayoritarios (*p*-cimeno y timol).

Tabla 37. Composición química del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* en la población cultivada de Los Santos de Maimona.

Población	Los Santos de Maimona (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.58	1.62	1.20
canfeno	0.96	2.77	2.02
β -pineno	0.64	3.04	2.57
sabineno	0.24	t	0.36
β -mirceno	2.09	2.60	3.22
limoneno+1-8cineol	1.38	1.13	1.01
<i>p</i> -cimeno	12.74	22.59	35.92
cis- β -ocimeno	4.14	7.32	6.12
γ -terpineno	9.46	11.21	9.69
linalol	7.97	6.70	7.32
borneol	0.67	2.56	2.46
terpinen-4-ol	0.99	3.75	3.12
α -terpineol	0.68	0.46	0.72
nerol	0.49	t	t
timol	53.26	32.35	22.53
carvacrol	2.11	1.73	1.73
q	t	t	t
t-cariofileno	0.88	t	t
% total	99.28	99.83	99.99

Solana de los Barros (cultivo)Rendimiento:

La muestra recolectada en el estado de floración tuvo unos rendimientos de 3.62 % y 4.87 % para PE y FH respectivamente. Cuando esta misma población se recolectó en estado de fructificación los valores alcanzados para PE fueron 2.33 % y 1.14 %, y de 2.43 % y 1.39 % para la muestra con FH.

Composición:

Al igual que en la otras poblaciones cultivadas el componente timol aumenta en el estado de floración de forma considerable, mientras que *p*-cimeno disminuye.

Tabla 38. Composición química del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* en la población cultivada de Solana de los Barros.

Población	Solana de los Barros (cultivo)		
	floración	fructificación	
Año	2004	2003	2004
α -pineno	0.42	0.91	1.02
canfeno	0.83	1.61	1.94
β -pineno	0.50	1.67	2.20
sabineno	t	0.17	0.57
β -mirceno	1.82	3.05	2.26
limoneno+1-8cineol	1.31	0.80	t
<i>p</i> -cimeno	13.65	19.71	32.54
cis- β -ocimeno	0.37	4.28	1.46
γ -terpineno	9.48	10.51	5.81
linalol	9.49	5.55	10.59
borneol	t	1.04	0.91
terpinen-4-ol	0.90	4.44	2.26
α -terpineol	0.54	0.61	0.91
nerol	t	0.78	0.67
timol	57.07	42.30	32.56
carvacrol	2.57	2.20	2.52
q	t	t	t
t-cariofileno	1.04	t	t
% total	99.99	99.63	98.22

Th. zygis subsp. *zygis*

La Garganta

Rendimiento:

En floración, para PE los rendimientos fueron de 1.64 % y 1.54 %, mientras que para FH los rendimientos alcanzaron los valores de 2.23 % y 2.28 %. La Garganta, en el estado de fructificación, tuvo unos valores para PE de 0.72 % y 0.77 % y, 1.18 % y 1.76 % para FH.

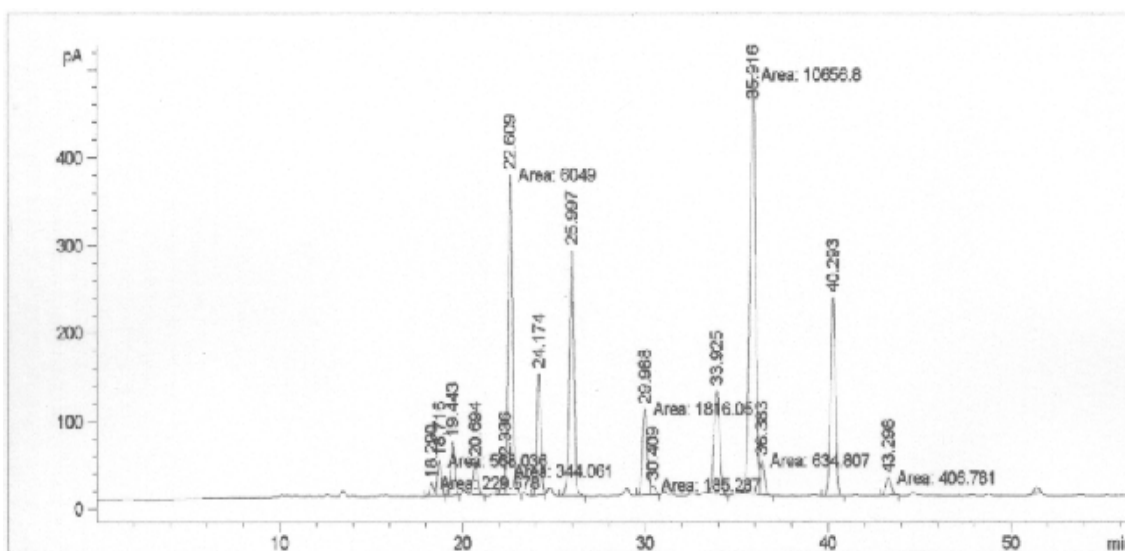


Figura 22. Cromatografía de *Thymus zygis* subsp. *zygis*. La Garganta. 18-06-2003 (floración).

Composición:

Esta subespecie tuvo como componente mayoritario timol (30.29-23.25 %) y *p*-cimeno (16.69-29.83 %). Linalol obtuvo también valores altos (11.63-23.73 %). A destacar un componente no identificado, q, con valores entre 3.98 y 11.65 %

Tabla 39. Composición química del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *zygis* en la población de La Garganta.

Población	La Garganta			
	floración		fructificación	
Año	2003	2004	2003	2004
α -pineno	0.63	0.42	0.72	0.77
canfeno	1.57	1.11	2.15	1.86
β -pineno	2.58	1.74	3.73	3.00
sabineno	t	0.24	t	0.25
β -mirceno	1.83	1.51	2.11	2.04
limoneno+1- δ cineol	0.95	0.39	0.23	0.54
<i>p</i> -cimeno	16.69	16.21	28.71	29.83
cis- β -ocimeno	t	t	t	t
γ -terpineno	5.96	3.02	2.12	3.34
linalol	13.35	23.73	12.65	11.63
borneol	t	t	1.03	t
terpinen-4-ol	5.01	4.60	7.83	6.06
α -terpineol	0.51	0.50	0.56	0.80
nerol	7.01	6.53	3.14	3.03
timol	29.40	29.14	23.25	30.29
carvacrol	1.75	2.63	2.14	2.59
q	11.65	8.23	6.27	3.98
t-cariofileno	1.12	t	0.84	1.52
% total	100.01	100.00	97.48	101.53

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Figura 23. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales de *Th. zygis* (subsp. *sylvestris*; * subsp. *gracilis*; ** subsp. *zygis*; del estado de fructificación respecto al estado de floración. En color amarillo cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares entre los dos estados.

<i>Th. zygis</i>	Badajoz*	La Albuera	Cabeza del Buey	La Garganta**	Guadajira	Los Santos de Maimona	Solana de los Barros	Badajoz (C)	Guadajira (C)	Los Santos de Maimona (C)	Solana de los Barros (C)
α -pineno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Canfeno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
b-pineno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Sabineno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
b-myrceno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde
limoneno+1-8cineol	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
p-cimeno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
cis b-ocymeno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
g-terpineno	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Rojo
Linalol	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Verde
Borneol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
terp-4-ol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
a-terpineol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Nerol	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde
Timol	Verde	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Carvacrol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
A	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
t-cariofileno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Figura 24. Incremento (color verde) o decremento (color rojo) de los componentes de los aceites esenciales de *Th. zygis*, del cultivo respecto a la población silvestre. En amarillo cuando se dispone de datos opuestos en diferentes años o los valores son muy similares entre los dos estados.

<i>Th. zygis</i>	Badajoz*		Guadajira		Los Santos Maimona		Solana de los Barros	
	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación
α -pineno	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
canfeno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
b-pineno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
sabineno	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
b-myrceno	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
limoneno+1-8cineol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde
p-cimeno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
cis b-ocymeno	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
g-terpineno	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde
linalol	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
borneol	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
terp-4-ol	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
a-terpineol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
nerol	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
timol	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
carvacrol	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde
a	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
t-cariofileno	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Los rendimientos de todo lo anterior, se resumen en la tabla 40.

Tabla 40. Valores de rendimiento obtenidos en 2002, 2003 y 2004 en los estados de floración y fructificación, para las poblaciones a estudio. Se incluye los datos para planta entera (PE) y flores y hojas (FH).

Estado Año	Floración						Fructificación					
	2002		2003		2004		2002		2003		2004	
Planta entera (PE) o Flores y hojas (FH)	PE %	FH %	PE %	FH %	PE %	FH %	PE %	FH %	PE %	FH %	PE %	FH %
<i>Thymbra capitata</i> Villafranca	s.d.	3.74	2.81	5.00	3.78	4.70	s.d.	2.11	2.04	4.90	1.93	4.01
<i>Thymbra capitata</i> Villafranca autovía	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	2.11	4.22
<i>Thymbra capitata</i> Villafranca (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	0.73	1.77	1.61	2.33
<i>Thymus caespititius</i> Descargamaría	s.d.	s.d.	2.71	s.d.	2.71	s.d.	s.d.	s.d.	1.95	s.d.	2.14	s.d.
<i>Thymus caespititius</i> Robledillo de Gata	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	1.89	s.d.	1.90	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Alconera	s.d.	3.85	2.56	6.05	s.d.	s.d.	s.d.	4.07	1.35	4.98	s.d.	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Alía	s.d.	3.59	3.06	5.53	3.22	4.63	s.d.	s.d.	0.98	2.30	2.25	4.93
<i>Thymus mastichina</i> Aliseda	s.d.	3.89	2.72	6.67	s.d.	s.d.	s.d.	7.06	1.11	7.33	s.d.	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Badajoz	s.d.	6.84	3.96	9.52	s.d.	s.d.	s.d.	4.11	2.90	8.38	s.d.	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Benquerencia de la Serena	s.d.	s.d.	3.43	7.79	3.68	7.34	s.d.	s.d.	1.25	4.02	3.52	7.44
<i>Thymus mastichina</i> Bienvenida	s.d.	s.d.	3.31	5.19	2.59	4.02	s.d.	s.d.	3.70	4.30	1.30	4.62
<i>Thymus mastichina</i> Descargamaría	s.d.	s.d.	4.97	9.80	3.02	9.40	s.d.	s.d.	3.23	7.16	2.84	9.06
<i>Thymus mastichina</i> Fuente del Maestre	s.d.	s.d.	3.12	6.31	2.96	4.53	s.d.	s.d.	1.12	5.32	1.60	5.38
<i>Thymus mastichina</i> La Garganta	s.d.	s.d.	2.07	3.55	1.98	2.91	s.d.	1.69	1.98	3.43	1.33	3.16
<i>Thymus mastichina</i> El Portanchito	s.d.	5.59	2.78	7.01	2.81	6.66	s.d.	6.38	1.94	6.50	2.16	9.28
<i>Thymus mastichina</i> Santo Domingo	s.d.	5.00	3.70	7.61	s.d.	s.d.	s.d.	5.81	5.24	6.50	s.d.	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Los Santos de Maimona	s.d.	3.65	1.98	4.96	s.d.	s.d.	s.d.	3.00	1.85	6.31	s.d.	s.d.
<i>Thymus mastichina</i> Villafranca de los Barros	s.d.	4.55	3.66	6.25	3.58	5.21	s.d.	6.31	2.23	4.52	2.18	4.53
<i>Thymus mastichina</i> Alía (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	2.81	4.86	s.d.	s.d.	6.96	11.14	4.09	9.84
<i>Thymus mastichina</i> La Garganta (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	2.78	5.04	s.d.	s.d.	3.57	5.40	1.92	5.85
<i>Thymus mastichina</i> El Portanchito (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	4.00	7.61	s.d.	s.d.	6.67	12.22	2.73	10.00
<i>Thymus mastichina</i> Villafranca de los Barros (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	3.41	6.32	s.d.	s.d.	5.62	8.58	2.84	12.03
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyalaensis</i>	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	1.25	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	0.94	s.d.
<i>Thymus pulegioides</i> La Garganta (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	2.77	3.60	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	1.36	2.22
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> Badajoz	s.d.	3.31	1.73	3.42	3.56	5.19	s.d.	1.54	0.73	1.84	2.14	5.05
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> Badajoz (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	4.26	7.40	s.d.	s.d.	1.44	2.43	0.87	1.87
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> La Albuera	s.d.	2.13	1.52	2.19	s.d.	s.d.	s.d.	1.21	0.66	1.33	s.d.	s.d.
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Cabeza del Buey	s.d.	s.d.	0.32	2.45	1.56	3.05	s.d.	s.d.	0.88	1.79	0.93	1.72
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Guadajira	s.d.	1.69	0.90	1.43	1.44	2.16	s.d.	1.05	0.50	0.96	0.84	1.35
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Guadajira (Atacada)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	0.94	1.43	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	0.63	0.88
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Los Santos de Maimona	s.d.	1.92	1.09	2.25	1.09	2.23	s.d.	0.80	0.35	1.31	0.79	1.40
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Solana de los Barros	s.d.	2.35	1.26	2.27	1.74	2.81	s.d.	1.18	0.93	1.92	0.97	1.81
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Guadajira (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	1.72	2.22	s.d.	s.d.	0.85	1.09	0.60	0.88
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Los Santos de Maimona (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	3.25	4.19	s.d.	s.d.	1.52	2.06	0.55	1.10
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> Solana de los Barros (Cultivo)	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	3.62	4.87	s.d.	s.d.	2.33	2.43	1.14	1.39
<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>zygis</i> La Garganta	s.d.	s.d.	1.64	2.23	1.54	2.28	s.d.	s.d.	0.72	1.18	0.77	1.76

4.3.2. Análisis estadístico de rendimientos

Comparación de rendimientos entre los años estudio

Se compararon los resultados de rendimientos obtenidos los años 2002, 2003 y 2004 mediante tests de Kruskal-Wallis. Se observaron algunas diferencias estadísticamente significativas en las especies *Th. mastichina* y *Th. zygis* (s.l.), especies de las que se dispuso de un mayor número de datos (Tabla 41).

Tabla 41. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento entre los años 2002, 2003 y 2004 para planta entera (PE) y para flores y hojas (FH), en material silvestre y cultivado. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	floración/ fructificación	PE/FH	<i>Thymbra capitata</i>	<i>Th. mastichina</i>	<i>Th. zygis</i> (s.l.)	<i>Th. zygis</i> ssp. <i>sylvestris</i>
Silvestre	floración	PE	n=2 ns 0.317	n=21 ns 0.587	n=13 ns 0.193	n=9 ns 0.110
		FH	n=3 ns 0.368	n=29 * 0.045	n=18 ns 0.383	n=13 ns 0.263
	fructificación	PE	n=3 ns 1.000	n=21 ns 0.664	n=13 * 0.038	n=9 ns 0.176
		FH	n=4 ns 0.259	n=29 ns 0.470	n=18 ns 0.056	n=13 ns 0.052
Cultivo	fructificación	PE	n=2 0.317	n=8 * 0.043	n=8 ns 0.083	n=6 ns 0.127
		FH	n=2 ns 0.317	ns=8 1.000	n=8 0.146	n=6 0.275

nota: Por el hecho de que en los resultados anteriores no se observaron unas diferencias elevadas entre los años de estudio y el no disponer de un número importante de datos se decidió eliminar el factor año en los análisis posteriores de rendimiento.

Comparación de rendimientos de planta entera (PE) frente a flores y hojas (FH)

Al comparar, utilizando el test de Kruskal-Wallis, los resultados de rendimiento de planta entera (PE) con los obtenidos flores y hojas (FH) para cada una de las especies a estudio, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en *Th. mastichina* tanto para las muestras de poblaciones silvestres como cultivadas. Sin embargo, en *Thymbra capitata*, *Th. zygis* (s.l.) y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* las diferencias entre PE y FH sólo se apreciaron en las poblaciones silvestres (vd. Tabla 42).

Tabla 42. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento de planta entera (PE) con los resultados de rendimiento de flores y hojas (FH), para muestras silvestres y de cultivo. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	floración/ fructificación	<i>Thymbra capitata</i>	<i>Th. mastichina</i>	<i>Th. pulegioides</i>	<i>Th. zygis</i> (s.l.)	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>
silvestre	floración	n=5 ns 0.248	n=50 *** 0.000	s.d.	n=30 *** 0.000	n=22 *** 0.000
	fructificación	n=7 * 0.050	n=50 *** 0.000	s.d.	n=31 *** 0.000	n=22 *** 0.000
cultivo	floración	s.d.	n=8 * 0.021	n=2 ns 0.317	n=8 ns 0.248	s.d.
	fructificación	n=0.121 ns 0.121	n=16 ** 0.005	n=2 ns 0.317	n=16 ns 0.115	n=12 ns 0.337

Comparación de rendimientos en floración frente a fructificación

El análisis de las posibles diferencias de rendimiento entre el estado de floración y el estado de fructificación fue realizado, por un lado para planta entera (PE) y por otro para flores y hojas (FH), y separando los datos de las poblaciones silvestres de los datos obtenidos en cultivo. Para dicho análisis se empleó el test de Kruskal-Wallis (Tabla 43).

Tanto para *Th. zygis* (s.l.) como para *Th. zygis* subsp. *sylvestris* se observaron diferencias significativas entre floración y fructificación en PE y en FH, obteniendo el mismo resultado en las poblaciones silvestres y en las cultivadas. En *Th. mastichina* también se observaron diferencias entre los estados de floración y fructificación, aunque sólo se situaron en PE para las poblaciones silvestres y en FH para las poblaciones cultivadas.

Tabla 43. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento entre el estado de floración y el estado de fructificación tanto para planta entera (PE) como para flores y hojas (FH), en poblaciones silvestres y cultivadas. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	PE/FH	<i>Thymbra capitata</i>	<i>Th. caespititius</i>	<i>Th. mastichina</i>	<i>Th. zygis</i> (s.l.)	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>
Silvestre	PE	n=5 ns 0.083	n=6 ns 0.060	n=42 *** 0.002	n=25 ** 0.005	n=18 * 0.012
	FH	n=7 ns 0.480	s.d.	n=58 ns 0.570	n=36 *** 0.000	n=26 *** 0.000
Cultivo	PE	s.d.	s.d.	n=12 ns 0.396	n=12 ** 0.011	n=9 * 0.039
	FH	s.d.	s.d.	n=12 * 0.042	n=12 ** 0.017	n=9 * 0.039

Comparación de rendimientos entre planta silvestre y cultivada

Para las especies de las que se dispuso de un número considerable de poblaciones tanto de material silvestre como cultivado, se compararon mediante el test de Kruskal-Wallis los resultados obtenidos entre ambos estados (Tabla 44). Las comparaciones entre los resultados de las poblaciones silvestres con sus homólogas en cultivo fueron realizadas en los estados de floración y fructificación, y segmentando los datos entre PE y FH.

En los resultados obtenidos del análisis estadístico se observó que en *Th. mastichina* aparecían diferencias significativas en el estado de fructificación, tanto para PE como para FH, mientras que en floración no se daban diferencias. En *Th. zygis* por el contrario, las diferencias únicamente se observaron en el estado de floración y para PE.

Tabla 44. Niveles de significación estadísticos del test de Kuskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento entre las poblaciones silvestres y sus homólogas cultivadas, tanto en el estado de floración como para el de fructificación. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	PE/FH	<i>Th. mastichina</i>	<i>Th. zygis</i> (s.l.)	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>
floración	PE	n=12 ns 0.495	n=12 *0.041	n=9 * 0.041
	FH	n=16 ns 0.275	n=16 ns 0.090	n=12 ns 0.116
fructificación	PE	n=16 ** 0.006	n=16 ns 0.248	n=12 ns 0.200
	FH	n=19 ** 0.004	n=20 ns 0.537	n=15 ns 0.637

Comparación del rendimiento entre distintas especies y poblaciones

Respecto a las diferencias interespecíficas, al comparar mediante un test de Kruskal-Wallis, los rendimientos de las especies estudiadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los datos obtenidos de planta entera (PE) y para flores y hojas (FH), tanto en floración como en fructificación (Tabla 45). Sólo se analizaron los datos de poblaciones silvestres a excepción de *Th. pulegioides* de la que únicamente se dispone de material cultivado.

Tabla 45. Niveles de significación estadísticos del test de Kuskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento entre las especies para PE y FH, tanto en el estado de floración como para el de fructificación (sólo datos de poblaciones silvestres a excepción de *Th. pulegioides* de la que únicamente se dispone de material cultivado). ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

PE	floración	n=48 *** 0.000
	fructificación	n=52 *** 0.000
FH	floración	n=64 *** 0.000
	fructificación	n=65 *** 0.000

En la tabla 46a y 46b, tras aplicar el test de Mann-Whitney, pueden reconocerse, dos grupos claramente diferenciados. Uno lo constituiría las especies *Thymbra capitata*, *Th. caespititius* y *Th. mastichina*, que son las que tuvieron los rendimientos más altos. En el otro extremo tenemos a *Th. zygis* (s.l.) y a *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, que alcanzaron los valores más bajos en rendimiento. Por el contrario *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Th. pulegioides* podrían incluirse en los dos grupos anteriores por no poseer diferencias significativas con ninguno de los dos.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 46a. Niveles de significación estadísticos del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de rendimientos entre pares de especies en los estados de floración y fructificación (fructificación entre paréntesis) para PE. Datos de poblaciones silvestres a excepción de *Th. pulegioides* del que sólo se dispuso de material procedente de cultivo. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

PE	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> 1	<i>Th. zygis</i> (s.l.) 2	<i>Th. praecox</i> ssp. <i>penyalarensis</i> 3	<i>Th.</i> <i>pulegioides</i> 4	<i>Thymbra</i> <i>capitata</i> 5	<i>Th.</i> <i>caespititius</i> 6	<i>Th.</i> <i>mastichina</i> 7
1	-----						
2	ns 0.441 (ns 1.000)	-----					
3	ns 0.861 (ns 0.222)	ns 0.592 (ns 0.264)	-----				
4	ns 0.116 (ns 0.116)	ns 0.181 (ns 0.172)	s.d.	-----			
5	*0.033 (*0.012)	* 0.044 (* 0.026)	ns 0.221 (ns 0.180)	ns 0.221 (ns 0.180)	-----		
6	* 0.033 (** 0.005)	ns 0.067 (* 0.011)	s.d.	s.d.	ns 0.102 (ns 0.480)	-----	
7	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	ns 0.098 (ns 0.098)	ns 0.478 (ns 0.581)	ns 0.548 (ns 0.965)	ns 0.230 (ns 0.824)	-----

Tabla 46b. Niveles de significación estadísticos del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de rendimientos entre pares de especies en los estados de floración y fructificación (fructificación entre paréntesis) para FH. Datos de poblaciones silvestres a excepción de *Th. pulegioides* del que sólo se dispuso de material procedente de cultivo. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

FH	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> 1	<i>Th. zygis</i> (s.l.) 2	<i>Th. praecox</i> ssp. <i>penyalarensis</i> 3	<i>Th.</i> <i>pulegioides</i> 4	<i>Thymbra</i> <i>capitata</i> 5	<i>Th.</i> <i>caespititius</i> 6	<i>Th.</i> <i>mastichina</i> 7
1	-----						
2	ns 0.378 (ns 0.548)	-----					
3	s.d.	s.d.	-----				
4	ns 0.107 (ns 0.107)	ns 0.144 (ns 0.144)	s.d.	-----			
5	** 0.009 (** 0.003)	* 0.016 (** 0.006)	s.d.	ns 0.180 (ns 0.480)	-----		
6	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	-----	
7	*** 0.000 (*** 0.000)	*** 0.000 (*** 0.000)	s.d.	ns 0.184 (ns 0.119)	ns 0.244 (ns 0.077)	s.d.	-----

Los resultados de las comparaciones realizadas para averiguar si existen diferencias interpoblacionales (test de Kruskal-Wallis), fueron realizadas en las especies de las que se dispuso de un número considerable de poblaciones (*Th. mastichina* y *Th. zygis* (s.l.) y *Th. zygis* subsp. *sylvestris*). El análisis fue realizado tanto para planta entera (PE) como para flores y hojas (FH), analizando por separado los datos de floración y fructificación (Tabla 47).

Es de destacar que las diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones aparecieron en el estado de floración para FH en *Th. zygis*. En *Th. mastichina* se aproxima a la significación también para el estado de floración en FH.

Tabla 47. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de rendimiento de las distintas poblaciones silvestres estudiadas de *Th. mastichina* (pobl.=13), *Th. zygis* s.l. (n=7) y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* (pobl=5). ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	PE/FH	<i>Th. mastichina</i>	<i>Th. zygis</i> (s.l.)	<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>
floración	PE	n=21 ns 0.148	n=13 ns 0.326	n=9 ns 0.635
	FH	n=29 ns 0.056	n=18 * 0.018	n=13 * 0.042
fructificación	PE	n=21 ns 0.542	n=13 ns 0.301	n=9 ns 0.166
	FH	n=29 ns 0.109	n=18 ns 0.172	n=13 ns 0.276

4.3.3. Análisis estadístico de la composición química

Para las especies de las que se dispuso de información de un mayor número de poblaciones y años de estudio (*Th. mastichina* y *Th. zygis*) se realizaron análisis estadísticos de sus componentes químicos. En primer lugar, se compararon los resultados obtenidos en los tres años de estudios. A continuación se analizaron las posibles diferencias entre la composición de los aceites esenciales de la plantas en el estado de floración y en el estado de fructificación. También se estudió las posibles diferencias químicas entre las poblaciones cultivadas y sus homólogas silvestres. En los tres estudios anteriormente citados se aplicó el test de Kruskal-Wallis.

En el caso de *Th. zygis*, de la cual se dispone de información de 3 subespecies, los análisis fueron realizados en primer lugar sin discriminar por subespecies (*Th. zygis* s.l.) y, en segundo lugar analizando la subespecie de la que se dispuso de un mayor número de poblaciones (*Th. zygis* subsp. *zylvestris*), ya que de las otras subespecies (*Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *zygis*) sólo se disponía de una población para cada una de ellas.

Por último, para las especies de las que se dispuso de un buen número de poblaciones, se realizó un análisis interpoblacional mediante análisis discriminantes (Autovalores, Lambda de Wilks y Matriz de estructura en 8.3. ANEXO II-CD) y análisis de conglomerados jerárquicos (análisis de cluster)(Historial de conglomeración en 8.3. ANEXO II-CD).

Th. mastichina

Al comparar los datos de cada uno de los componentes obtenidos en los años de estudio se observaron escasas diferencias significativas. Por dicha razón en los siguientes análisis no se consideró el factor año, y de esta forma si dispuso de un mayor número de datos.

Con respecto al análisis que evaluaba las posibles diferencias entre los estados de floración y fructificación, éstas si aparecieron en un buen número de componentes, tanto en el estado silvestre como en el material cultivado.

El análisis que comparaba los resultados de poblaciones silvestres con sus homólogas cultivadas, mostró diferencias estadísticamente significativas en un número importante de componentes, incluyendo los mayoritarios, pero estas diferencias sólo eran visibles en el estado de fructificación. Todos los resultados aparecen reflejados en la Tabla 48.

Tabla 48. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de porcentajes entre los 3 años de estudio, entre el estado de floración con el estado de fructificación y entre silvestre y cultivado, obtenidos para cada uno de los componentes del aceite esencial de *Thymus mastichina*. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

<i>Thymus mastichina</i>							
análisis	2002 / 2003 / 2004			floración / fructificación		silvestre / cultivado	
	silvestre		cultivado	silvestre	cultivado	floración	fructificación
	floración n=29	fructificación n=29	fructificación n=8	n=58	n=12	n=15	n=19
α -pineno	* 0.049	ns 0.616	ns 0.885	*** 0.001	ns 0.349	ns 0.512	* 0.028
canfeno	** 0.007	ns 0.071	ns 0.663	ns 0.305	** 0.006	ns 0.514	* 0.013
β -pineno	ns 0.217	ns 0.123	ns 0.885	ns 0.440	ns 0.394	ns 0.598	ns 0.934
sabineno	ns 0.113	ns 0.053	ns 0.248	*** 0.000	** 0.007	ns 0.214	*** 0.000
β -mirceeno	ns 0.119	ns 0.615	ns 0.564	ns 0.709	** 0.007	ns 0.433	*** 0.001
limoneno+1-8 cineol	ns 0.807	ns 0.195	ns 0.564	ns 0.294	ns 0.174	ns 0.192	** 0.005
γ -terpineno	ns 0.204	ns 0.552	ns 0.663	*** 0.000	ns 0.670	ns 0.295	** 0.003
terpinoleno	ns 0.224	*** 0.001	ns 0.248	ns 0.160	ns 0.799	** 0.004	*** 0.000
linalool	ns 0.352	ns 0.411	ns 0.468	*** 0.001	** 0.006	ns 0.090	ns 0.098
borneol	* 0.038	ns 0.324	ns 0.741	ns 0.775	ns 0.526	ns 0.736	ns 0.195
terp-4-ol	ns 0.518	ns 0.153	ns 0.773	ns 0.064	ns 0.932	ns 1.000	ns 0.457
terpineol	ns 0.257	ns 0.438	ns 0.661	*** 0.000	ns 0.303	ns 0.191	*** 0.001
α -terpineol	ns 0.418	* 0.027	ns 1.000	* 0.035	ns 0.234	ns 0.240	ns 0.058

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

En lo referente al análisis interpoblacional para *Th. mastichina*, mediante el análisis discriminante, se observó una homogeneidad en los resultados obtenidos para todas las poblaciones a excepción de Aliseda y La Garganta.(Figura 25).

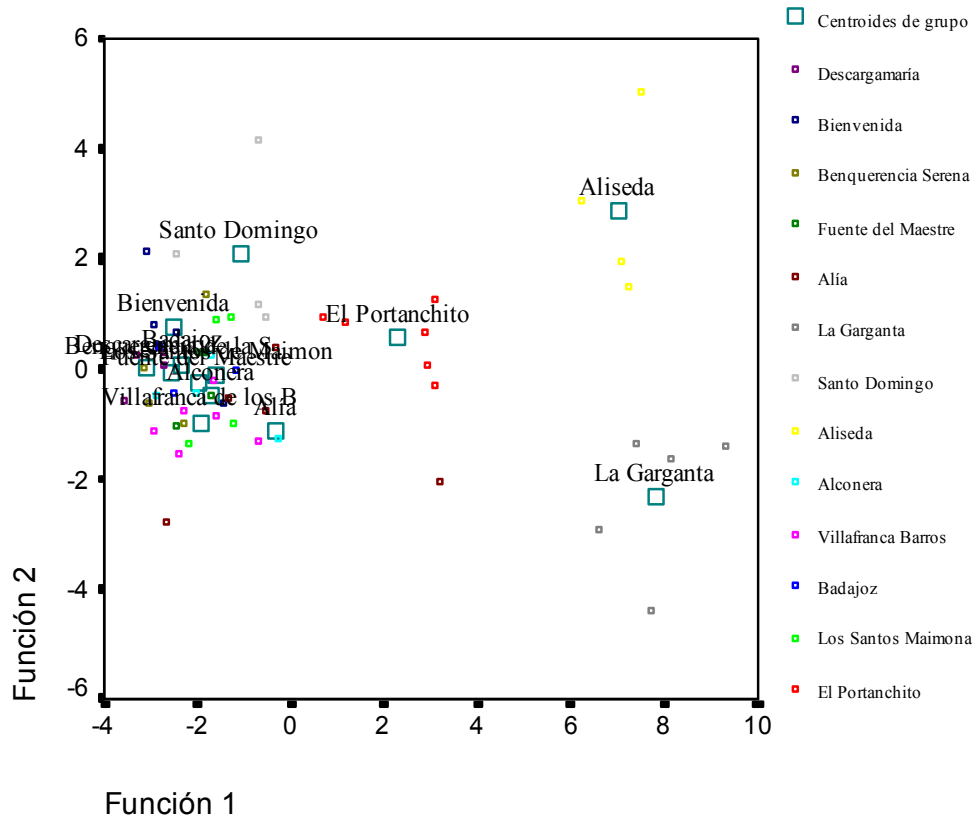


Figura 25. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de floración y fructificación juntos.

Cuando se segmentan los datos en floración y fructificación (Figura 26 y 27) las poblaciones de Aliseda y La Garganta mantienen su independencia, aunque esta se ve más acusada en fructificación (Figura 27).

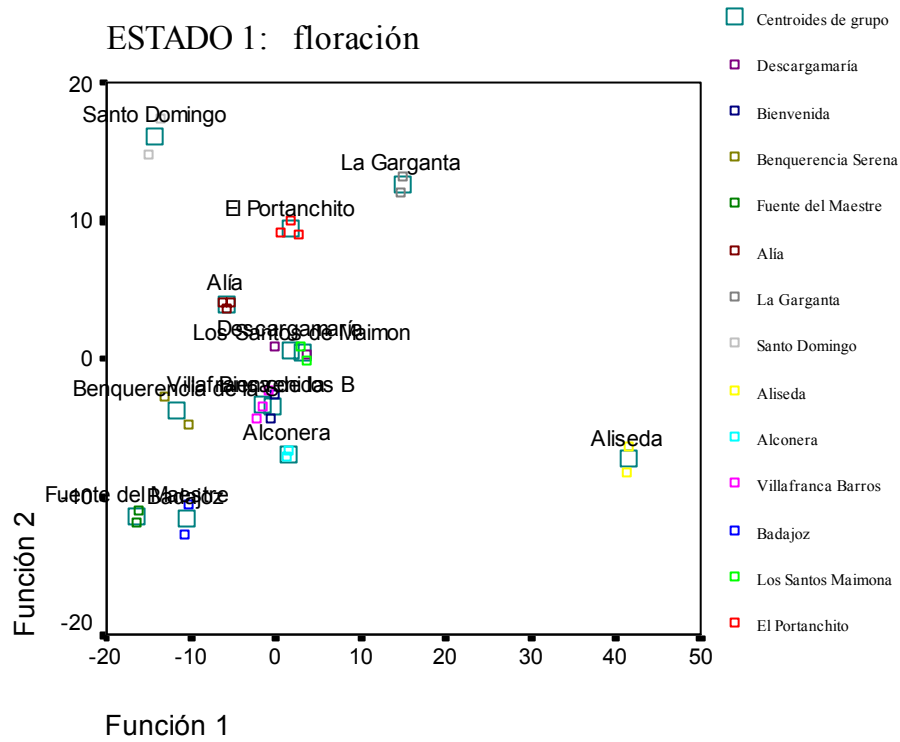


Figura 26. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de floración.

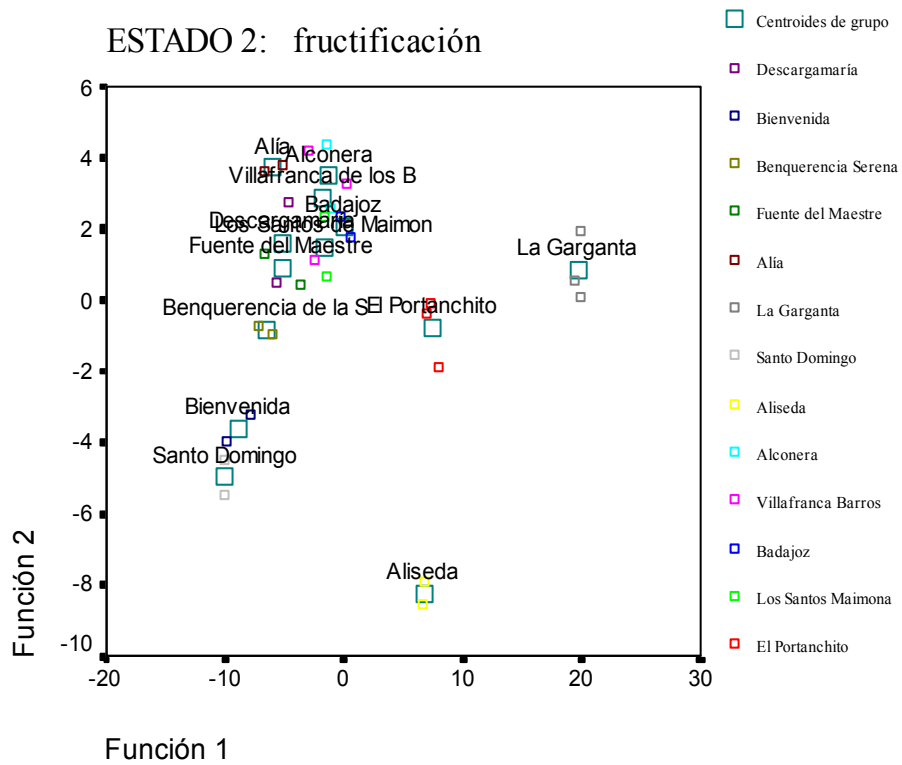


Figura 27. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de fructificación.

En las figuras 28 y 29 se representan mediante dendrogramas las semejanzas y diferencias entre las poblaciones silvestres estudiadas en el año 2003. Destaca sobre todo las diferencias en los resultados entre floración y fructificación. La población de Aliseda parece mantener sus diferencias con respecto a las demás poblaciones en los dos estados. Otro resultado a destacar es el caso de la Garganta que en estado de floración comparte ciertas similitudes con Aliseda y además parece estar bastante alejada de las otras poblaciones, mientras que en fructificación comparte similitud con el grueso de las demás poblaciones.

ESTADO 1: Floración

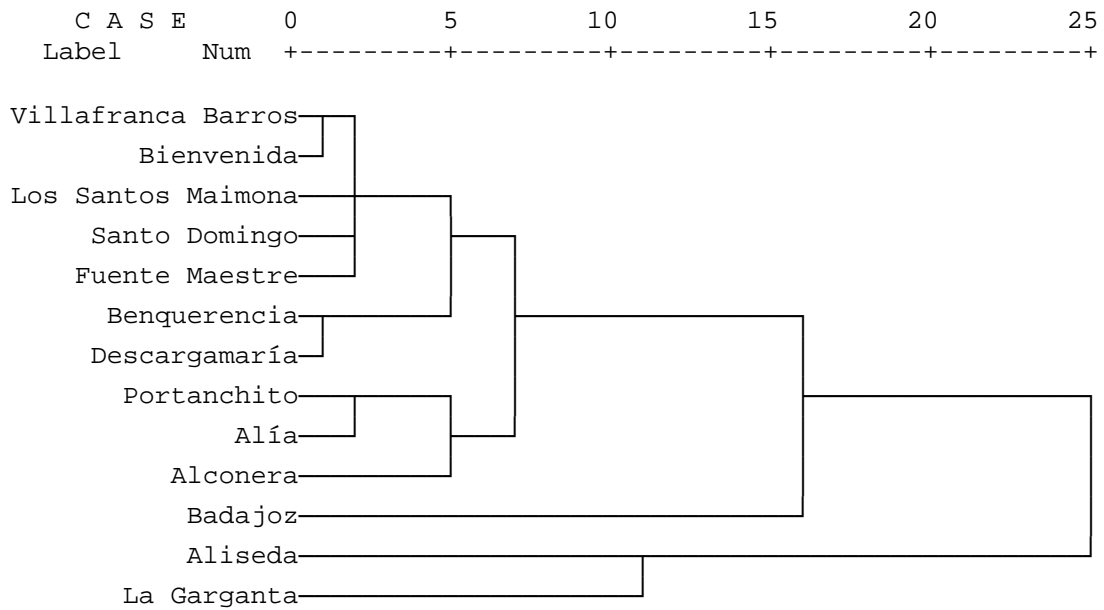


Figura 28. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* el año 2003 en floración.

ESTADO 2: Fructificación 2

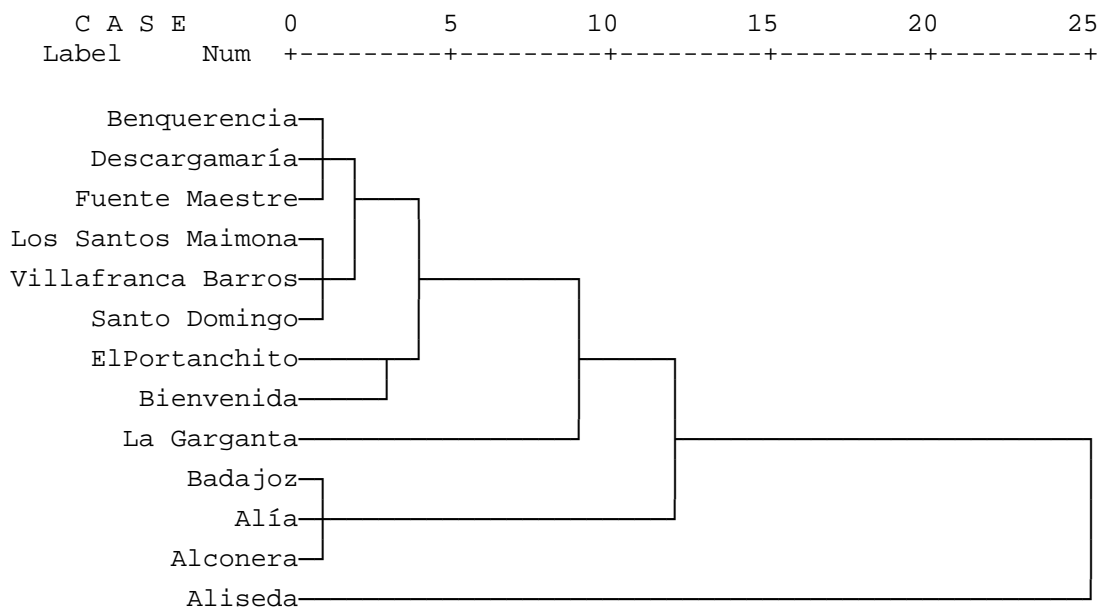


Figura 29. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* el año 2003 en fructificación.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

En lo referente a los datos obtenidos para las poblaciones cultivadas (Figura 30) se observa un grupo constituido por Villafranca de los Barros y El Portanchito, y por otro lado la independencia de Alía y La Garganta.

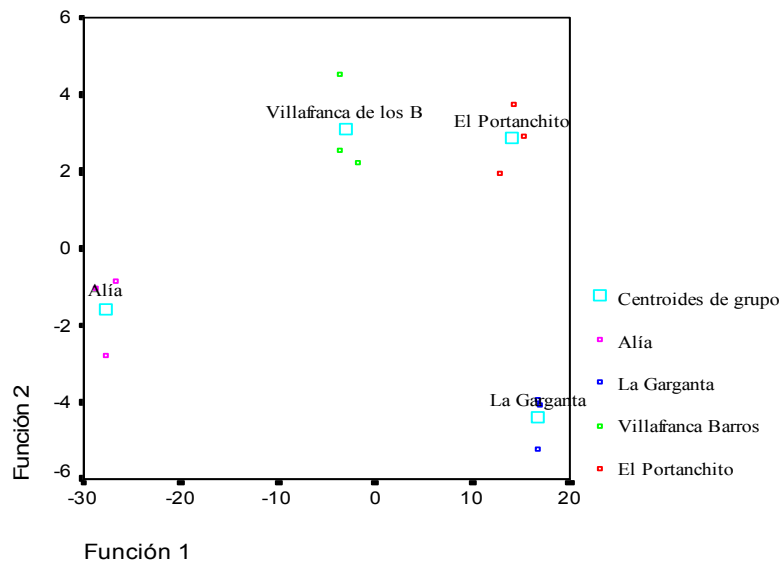


Figura 30. Análisis discriminante de las poblaciones cultivadas de *Th. mastichina* con datos de floración y fructificación.

*Th. zygis**Th. zygis* (s.l.)

Los resultados de cada uno de los componentes de *Th. zygis* (s.l.) que se obtuvieron los años de estudio (2002-2003-2004) no ofrecieron apenas diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Por este resultado se optó por discriminar el factor año en los análisis posteriores (Tabla 49).

Se observaron importantes diferencias entre los estados de floración y fructificación, tanto en las poblaciones silvestres como en las cultivadas, en un buen número de componentes, incluidos entre ellos los componentes mayoritarios de esta especie: timol y *p*-cimeno. En cuanto a la comparación entre los resultados obtenidos para cada componente en las poblaciones silvestres y las poblaciones cultivadas se observaron diferencias en el estado de fructificación en algunos componentes, mientras que en el estado de floración las diferencias sólo se observan en el timol, que es un componente mayoritario de esta especie.

Tabla 49. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de porcentajes entre los 3 años de estudio, entre el estado de floración con el estado de fructificación y entre silvestre y cultivado, obtenidos para cada uno de los componentes del aceite esencial de *Thymus zygis* (s.l.). ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

<i>Thymus zygis</i> (s.l.)							
análisis	2002 / 2003 / 2004			floración / fructificación		silvestre / cultivado	
	silvestre		cultivado	silvestre	cultivado	floración	fructificación
	floración n=18	fructificación n=18	fructificación n=8	n=36	n=12	n=16	n=20
α -pineno	ns 0.198	ns 0.089	ns 0.248	ns 0.401	** 0.006	ns 0.089	** 0.010
canfeno	* 0.026	ns 0.119	ns 0.309	ns 0.052	* 0.027	ns 0.052	ns 0.280
β -pineno	ns 0.670	ns 0.178	ns 0.773	** 0.002	* 0.042	ns 0.225	ns 0.487
sabineno	ns 0.923	ns 0.457	ns 0.773	ns 0.728	* 0.031	ns 0.443	** 0.010
β -mirreno	ns 0.073	ns 0.344	ns 0.248	ns 0.06	ns 0.308	ns 0.363	** 0.006
limoneno+1-8cineol	ns 0.760	ns 0.299	ns 0.248	*** 0.000	* 0.042	ns 0.332	ns 0.055
<i>p</i> -cimeno	ns 0.079	ns 0.198	ns 0.248	*** 0.000	** 0.007	ns 0.090	ns 0.031
cis- β -ocimeno	ns 0.315	ns 0.114	ns 0.468	ns 0.711	ns 0.305	ns 0.224	ns 0.876
γ -terpineno	ns 0.543	ns 0.114	* 0.043	*** 0.000	ns 0.734	ns 0.628	** 0.002
linalol	ns 0.755	ns 0.680	ns 0.564	ns 0.975	ns 0.865	ns 1.000	ns 1.000
borneol	ns 0.099	ns 0.212	ns 1.000	** 0.01	ns 0.074	ns 0.052	ns 0.440
terpinen-4-ol	ns 0.488	ns 0.914	ns 0.386	* 0.033	ns 0.062	ns 0.225	ns 0.939
α -terpineol	ns 0.439	ns 0.880	ns 0.663	** 0.005	ns 0.226	ns 0.339	ns 0.938
nerol	ns 0.644	ns 0.270	ns 0.321	ns 0.399	ns 0.479	ns 0.100	ns 0.225
timol	ns 0.906	ns 0.888	ns 0.773	* 0.043	* 0.042	ns 0.052	ns 0.537
carvacrol	ns 0.878	ns 0.247	ns 0.663	ns 1.000	ns 0.234	ns 0.115	ns 0.787
q	ns 0.665	ns 0.449	ns 1.000	ns 0.752	ns 1.000	ns 1.000	ns 1.000
t-cariofileno	ns 0.206	* 0.048	ns 0.131	ns 0.467	ns 0.088	ns 0.173	ns 0.775

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Th. zygis subsp. sylvestris

Al igual que en *Th. zygis* (s.l.), los resultados de cada uno de los componentes de *Th. zygis* subsp. *sylvestris* que se obtuvieron los años de estudio (2002-2003-2004) no ofrecieron apenas diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tanto para las poblaciones silvestres como para las cultivadas se observaron diferencias estadísticamente significativas en un número importante de componentes, al comparar los resultados en el estado de floración con los que se obtuvieron en el estado de fructificación. En algunos componentes se observaron diferencias significativas al comparar los datos de las poblaciones silvestres con las cultivadas, aunque los resultados no son los mismos en floración y en fructificación, lo cual está en concordancia con el análisis anterior que observó diferencias importantes entre esos dos estados estudiados.

Tabla 50. Niveles de significación estadísticos del test de Kruskal-Wallis, para la comparación de los resultados de porcentajes entre los 3 años de estudio, entre el estado de floración con el estado de fructificación y entre silvestre y cultivado, obtenidos para cada uno de los componentes del aceite esencial de *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

<i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>							
análisis	2002 / 2003 / 2004			floración / fructificación		silvestre / cultivado	
	silvestre		cultivado	silvestre n=26	cultivado n=9	floración n=12	fructificación n=15
floración n=13	fructificación n=13	fructificación n=6					
α -pineno	ns 0.078	* 0.025	ns 0.827	ns 0.590	* 0.020	* 0.012	* 0.013
canfeno	ns 0.130	* 0.030	ns 0.513	ns 0.058	* 0.020	ns 0.052	ns 0.409
β -pineno	ns 0.427	* 0.047	ns 0.827	*** 0.001	* 0.020	ns 0.166	ns 0.289
sabineno	ns 0.819	ns 0.750	ns 0.275	ns 0.815	ns 0.115	ns 0.903	* 0.025
β -mirceeno	ns 0.418	ns 0.294	ns 0.827	* 0.038	* 0.020	ns 0.064	** 0.003
limoneno+1-8cineol	ns 0.737	ns 0.399	ns 0.827	*** 0.000	* 0.039	ns 0.229	* 0.045
<i>p</i> -cimeno	ns 0.293	ns 0.347	* 0.050	*** 0.001	* 0.020	ns 0.052	* 0.018
cis- β -ocimeno	ns 0.453	ns 0.065	ns 0.275	ns 0.837	ns 0.121	ns 0.229	ns 0.906
γ -terpineno	ns 0.223	ns 0.175	ns 0.127	** 0.002	ns 1.000	ns 0.782	* 0.013
linalol	ns 0.570	ns 0.647	ns 0.275	ns 0.817	ns 0.796	ns 0.926	ns 1.000
borneol	ns 0.125	ns 0.346	ns 0.827	** 0.003	* 0.020	* 0.033	ns 0.556
terpinen-4-ol	ns 0.123	ns 0.669	ns 0.275	** 0.006	* 0.020	ns 0.052	ns 0.814
α -terpineol	ns 0.306	ns 0.896	* 0.050	** 0.003	ns 0.364	ns 0.379	ns 0.376
nerol	ns 0.838	ns 0.126	ns 0.246	ns 0.170	ns 0.396	* 0.050	ns 0.171
timol	ns 0.625	ns 0.819	ns 0.275	** 0.008	* 0.020	* 0.021	ns 0.195
carvacrol	ns 0.808	ns 0.759	ns 0.658	ns 0.700	ns 0.437	ns 0.116	ns 0.637
q	ns 1.000	ns 0.449	ns 1.000	ns 0.317	ns 1.000	ns 1.000	ns 1.000
t-cariofileno	ns 0.464	ns 0.123	ns 0.317	ns 0.754	ns 0.092	ns 0.124	ns 0.450

En lo referente al análisis interpoblacional para *Th. zygis* mediante el análisis discriminante (Figura 31), se intuye un grupo heterogéneo formado por Solana de los Barros y La Albuera por un lado, y La Garganta, Los Santos de Maimona y Guadajira por otro. En lo referente a las otras dos poblaciones, Cabeza del Buey y Badajoz (subsp. *gracilis*), decir que tienen unos comportamientos propios.

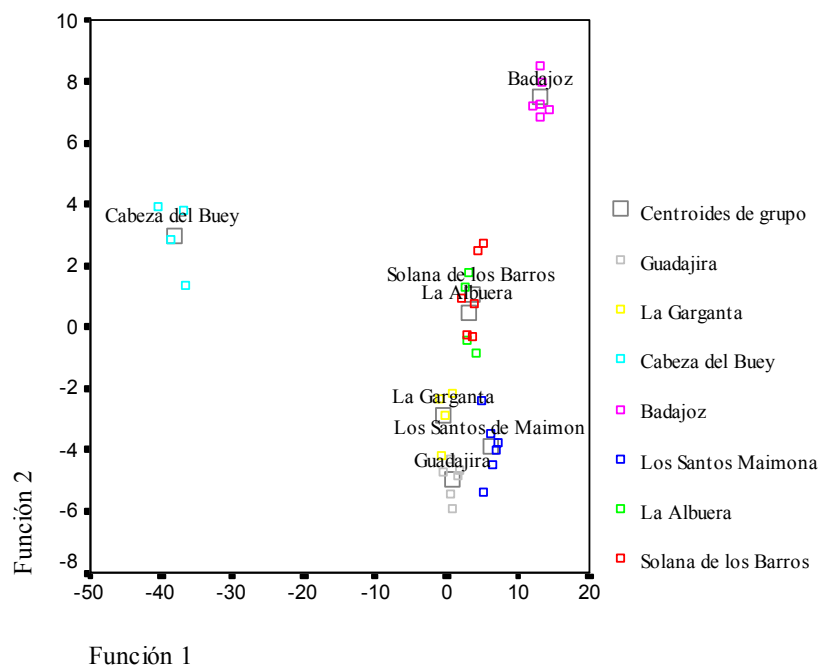


Figura 31. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de floración y fructificación.

Cuando se analizan las poblaciones en estado de floración por un lado y en estado de fructificación por otro, se observa una mayor heterogeneidad en el comportamiento de las poblaciones (Figuras 32 y 33). Decir que Badajoz y Cabeza del Buey mantienen sus diferencias con las otras poblaciones y que el grupo anteriormente formado al estudiar floración y fructificación juntos se deshace, aunque las poblaciones de Solana y la Albuera si parecen mantener sus semejanzas.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

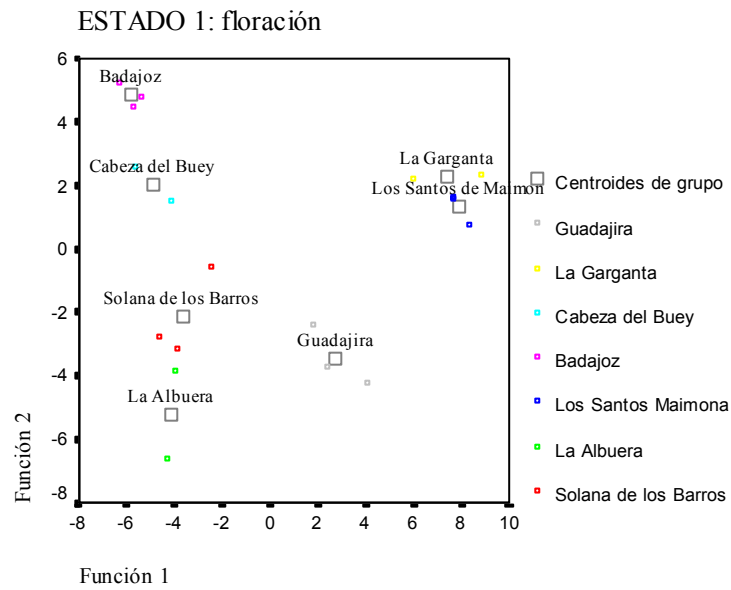


Figura 32. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de floración.

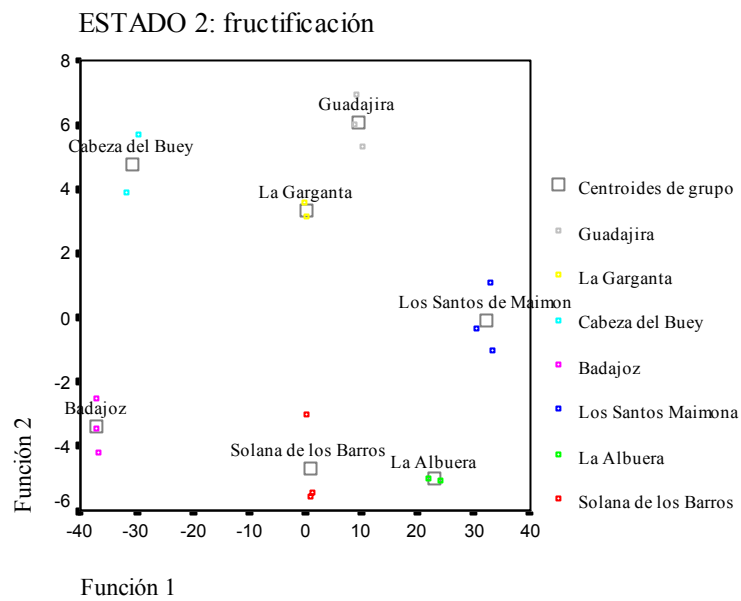


Figura 33. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de fructificación.

Los dendrogramas que representan los resultados obtenidos el años 2003 (año donde se dispone de información de todas las poblaciones estudiadas) (Figuras 34 y 35), muestran por un lado que Cabeza del Buey está muy separada de las otras poblaciones y también se observan unas diferencias bastante grandes entre los resultados obtenidos para la floración y para la fructificación como se puede observar para Badajoz (*Th. zygis* subsp. *gracilis*) que en floración se asemeja a todas las poblaciones, excluyendo a Cabeza del Buey y en fructificación aparece segregada.

ESTADO 1: floración

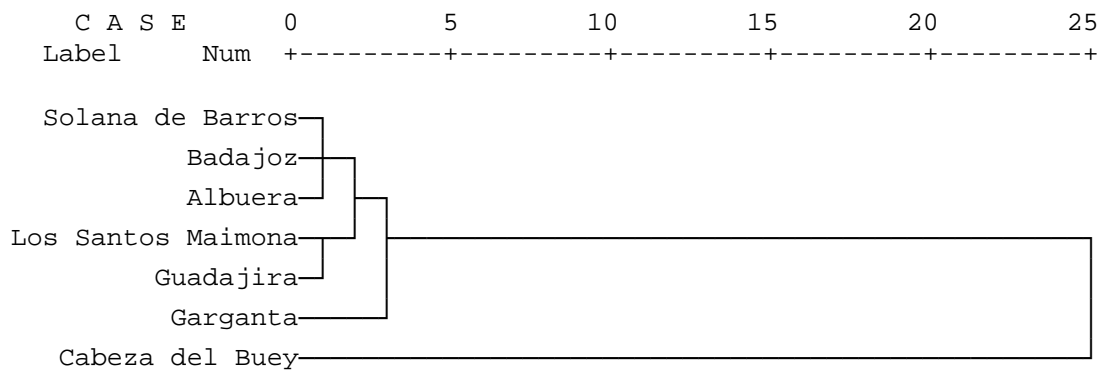


Figura 34. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* el año 2003 en floración

ESTADO 2: fructificación

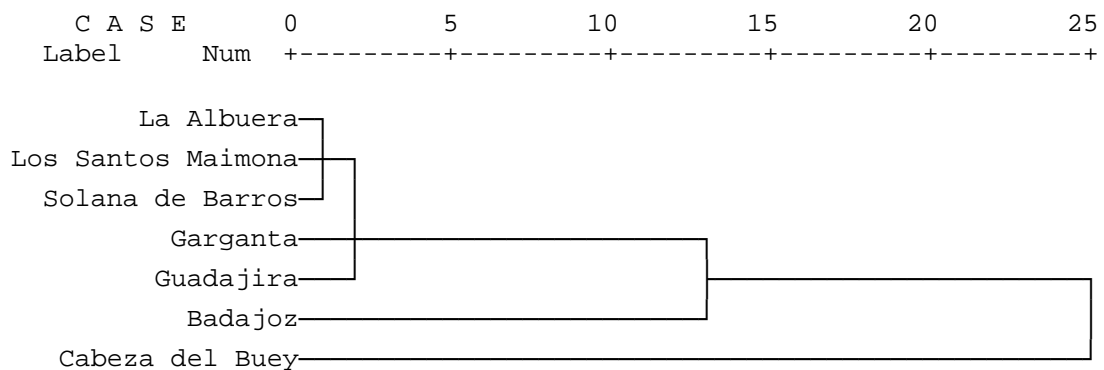


Figura 35. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* el año 2003 en fructificación.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Con respecto a las poblaciones cultivadas decir que Solana de los Barros, Guadajira y Badajoz parecen tener ciertas similitudes, mientras que Los Santos de Maimona parece tener un comportamiento diferente (Figura 36).

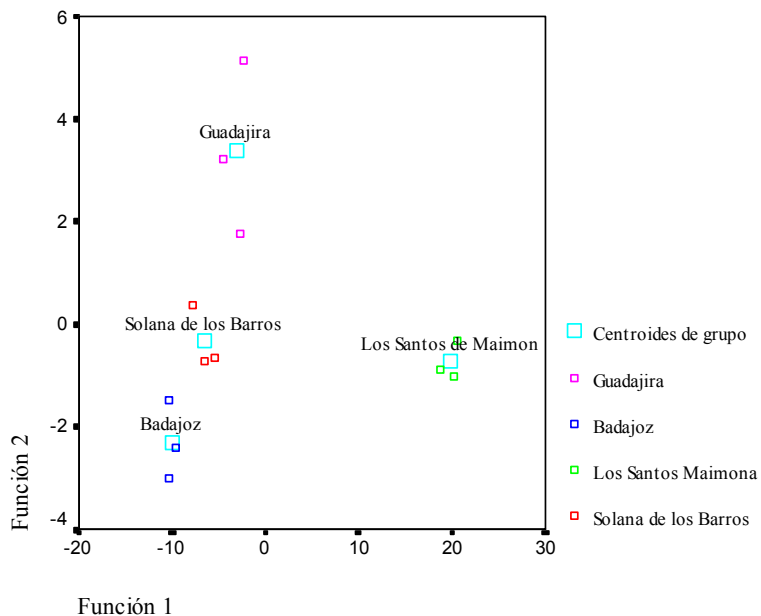


Figura 36. Análisis discriminante de las poblaciones cultivadas de *Th. zygis* con datos de floración y fructificación.

4.4. DISCUSIÓN

4.4.1. Composición química de los aceites esenciales en las diferentes especies

Thymbra capitata

Thymbra capitata es una especie que vive en cualquier tipo de sustrato aunque prefiere los suelos ricos en bases, situándose generalmente en lugares secos y soleados donde los suelos suelen ser esqueléticos o pedregosos, a una altitud siempre inferior a los 800 msm no admitiendo periodos con heladas, que se distribuye por buena parte de los países ribereños del mar Mediterráneo y que tiene como característica morfológica más importante dentro del grupo el poseer más de 20 nervios en el cáliz, lo que la hace diferenciarse de los restantes tomillos extremeños, pertenecientes al género *Thymus* que nunca disponen de más de 10 nervios.

En Extremadura, es una planta poco frecuente, que podemos encontrar solamente en poblaciones muy dispersas por el Centro y Sur de Extremadura, siendo éstas de escasa entidad y que cuenta con unos pocos ejemplares, a excepción de la población de Villafranca de los Barros que si cuenta con entidad suficiente como para poder mantenerse estable.

Su aceite esencial ha sido utilizado por sus propiedades antimicrobianas, en la lucha contra microorganismos patógenos de los hospitales (Benouda et al. 1988; Tateo et al. 1992) y en la prevención del ataque de patógenos en productos alimenticios (Arras & Grella, 1992; Arras, 1993; 1995; Biondi et al. 1993; Arras & Usai, 2001). Sobre dicho aceite esencial, se conocen datos bibliográficos de material procedente de otros países de clima mediterráneo, como Grecia (Papageorgiou, 1980 y 1981; Salinas et al. 1981; Kokkini & Vokou, 1989; Kustrak et al., 1990; Kaniyas & Loukis, 1992; Tateo et al. 1996 y 1997), Italia (Falchia-Delitala et al., 1983; Arras & Grella, 1992; Tateo et al., 1992; Roberto et al., 1992; Biondi et al., 1993; Arras et al., 1993 y 1995; Cosentino et al., 1999; Arras & Usai, 2001), Israel (Fleisher et al., 1984), Marruecos (Benouda et al. 1988), Croacia (Kustrak et al. 1990) y Portugal (Abreu, 1952; Miguel et al. 2003).

Del material procedente de España se conoce tan sólo un antiguo trabajo de Dorronsoro, (1919), donde se observó una presencia de 55-67% de fenoles en las muestras de aceite esencial analizadas, y la aportación de Sendra & Cuñat (1980) que identifica los 7 componentes mayoritarios.

Respecto a la composición química del aceite esencial de este taxon (ver Tabla 51), hay que decir que el componente carvacrol parece ser un buen caracterizador de la especie, porque se halla siempre presente en unos niveles altos, comprendidos entre el 44-86 %, siendo usual valores superiores al 70 %, tal y como sucede en el material estudiado por nosotros. El componente carvacrol lo podemos denominar como un terpeno funcionalizado, cuya función es fenólica. Por las propiedades observadas en los aceites esenciales y la estructura que este terpeno posee, el carvacrol ha sido testado mediante diferentes experimentos, confirmándose su actividad antimicrobiana (López Malo et al. 2005; Olasopu, 2003; Didry et al, 1993/1994; Chami et al. , 2004a, 2004b y 2005; Friedmam et al. 2004a, 2004b; Ultee, 1998 y 2000), antifúngica (Pina-Vaz et al. 2004; Stamatou et al. 1999; Pauli & Knobloch, 1987), insecticida (Choi et al. 2002; Hierro et al. 2004; Manssur et al. 2000; Rice & Coats, 1994) y antioxidante (Radonic & Milos, 2003).

Otros componentes caracterizadores de esta especie son *p*-cimeno (0-10 %) y γ -terpineno (0-8 %). El componente *p*-cimeno es un hidrocarburo monoterpénico. A este componente lo podríamos incluir en un grupo junto al timol (muy escaso en *Thymbra capitata*) y al carvacrol, ya que los tres están relacionados con el anillo de cimeno. En cuanto a sus propiedades decir que el *p*-cimeno ha sido testado positivamente como compuesto antimicrobiano y antifúngico (Ultee et al. 2002; Pina-Vaz et al. 2004) y también, como compuesto con carácter antioxidante (Radonic & Milos 2003; Teissedre & Waterhouse, 2000). γ -terpineno es un hidrocarburo monoterpénico relacionado, al igual que los componentes anteriormente citados, con el anillo de cimeno, y ha sido testado positivamente como componente químico con actividad antiespasmódica (Astudillo et al. 2004) y antioxidante (Radonic & Milos, 2003).

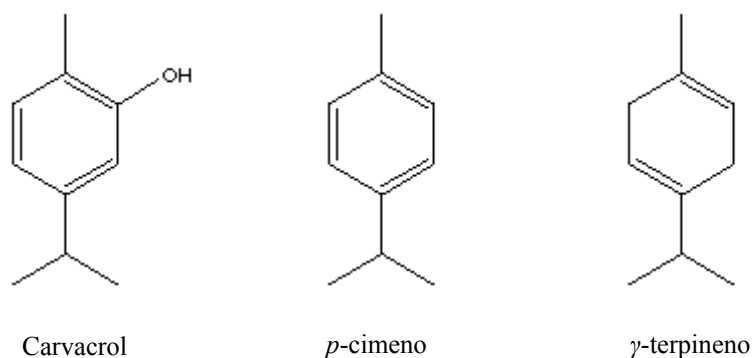


Figura 37. Componentes principales de *Thymbra capitata*.

Por lo tanto la homogeneidad en la composición del aceite esencial parece ser una característica en *Thymbra capitata* al visualizar de forma general los resultados de todas las poblaciones analizadas en el mundo, si la comparamos con otras especies como veremos más adelante. De todas formas cabe destacar que el material analizado en Extremadura se encuentra en los límites superiores en lo que se refiere al componente carvacrol.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 51. Algunos datos bibliográficos de la composición química de *Thymbra capitata*.

<i>Thymbra capitata</i>	Kustrak et al. (1990)		Ruberto et al. (1992)	Biondi et al. (1993)	Tateo et al. (1996-98)	Arras & Usai (2001)	Miguel et al. (2003)				
	antes de floración	plena floración	Junio	Julio	floración	floración	Junio			Abril	Febrero
			parte aerea				parte aerea	flores	hojas	hojas	hojas
2-hexanal			0.05	0.05							
triciclen							t	t	t	t	t
α -tuyona					0.65		1.9	1.2	1	1.2	1.2
α -pinene		1.03		0.06	0.69		0.8	0.4	1	0.6	0.5
campeón	0.29		0.1	0.1	0.08		0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
sabineno	0.54	1.2	0.05	0.05			t	t	0.1	0.1	t
octen-e-ol					0.39		0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
β -pinene		1.72			0.11		0.3	t	0.4	0.4	0.2
mircene	0.25		0.3	0.3	1.58	1.6	2.2	1.4	2.4	1.6	1.5
α -felandreno		0.19	0.1	0.1			0.4	0.2	0.3	0.2	0.2
δ -3-careno					0.1		0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
3-octanol					0.3						
α -terpineno			0.06	0.06	0.03		1.6	1	1.6	1	1.3
<i>p</i> -cimeno			0.63	0.63	6.58	4,5-5	6.2	3.2	9.4	8.3	4.3
β -felandreno					0.08		0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
limoneno	3.37	5.71	0.06	0.06	0.8	1,1-1,2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2
cis- β -ocimeno			0.14	0.14			t	t	t	0.1	t
trans- β -ocimeno							0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
1,8-cineol	5.16	7.63									
γ -terpineno					6.43	2,6-3,3	7.1	4.1	5.2	4.6	7.9
trans-sabineno hidratado							0.4	0.5	0.2	0.2	0.4
2,5-dimetiltireno							0.1	t	t	0.1	t
terpinoleno					0.41		0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
cis-sabineno hidratado							0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
linalol	0.36	0.22	0.16	0.16	0.4		1	1.2	0.9	1.3	1.2
linalil acetato	1.03	0.97									
trans-p-2-menten-1-ol	1.71	1.51					t	0.1	0.1	0.1	t
alcanfor	0.45	0.44			t						
borneol		0.2	0.81	0.81	t		0.5	0.3	0.6	0.7	0.3
terpinen-4-ol	0.59	0.64	0.52	0.52	0.46		0.6	0.8	0.7	0.8	0.6
α -terpineol	0.48	0.37	0.6	0.6	0.1		0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
carvone			0.3	0.3			0.1	t	0.1	t	t
neral							0.2	0.1	0.2	0.1	0.1
geranial							0.1	t	0.4	0.1	t
cumin alcohol							0.4	t	0.3	0.1	t
timol	0.29	0.41	0.12	0.12	0.25		0.4	0.3	0.7	0.1	0.3
carvacrol	82.56	75.9	86.33	86.33	66.69	81-83	68.4	77.8	67	69.2	74.7
eugenol			0.3	0.3			t	0.1	t	t	0.1
carvacrol acetato							t	0.1	0.1	0.3	0.2
β -cariofileno			2.78	2.78	4.79	1,5-1,6	2.3	2.4	0.9	1.8	2.7
aromadendreno							t	t	t	0.1	t
α -humulena			0.14	0.14			0.2	0.1	t	0.1	0.1
biclogermacreno							0.3	t	t	0.1	0.2
β -bisaboleno			0.64	0.64			0.1	0.2	0.2	0.2	t
γ -cadineno			0.01	t			0.2	t	0.1	0.1	t
δ -cadineno							0.4	t	0.2	0.1	0.1
spatulenol							0.1	0.1	t	0.1	0.1
timil acetato	0.35	0.23									
β -cariofileno oxido	1.34	0.74			0.7		0.4	0.2	0.3	0.5	0.3
abietatrieno							t	0.1	t	0.1	0.1
α -bisaboleno			0.36	0.36							
α -elemol			1.36	1.36							
α -humuleno epoxido			0.09	0.09							

Respecto a la variación en la composición química del aceite esencial en diferentes momentos del ciclo vegetativo, se conocen los estudios de Falchi- Delitala et al. (1983), Arras y Crella (1992), Fleisher et al. (1984) y Kustrak et al. (1990) sobre materiales procedentes de Italia, Israel y Croacia respectivamente. De estos trabajos, puede concluirse que existen ciertas variaciones entre unas épocas y otras de recolección aunque no parecen ser de gran cuantía, si bien ninguno de ellos utiliza la estadística para evaluar el grado de significación de las diferencias. Arras y Crella (1992) observa que el contenido en carvacrol es mayor entre abril y septiembre con valores comprendidos entre 70 y 80 %.

En los datos obtenidos por nosotros para esta especie se intuye una homogeneidad en los resultados, tanto cuantitativos como cualitativos de los aceites esenciales, entre el estado de floración y el estado de fructificación. Estos datos parecen estar en concordancia con los trabajos antes mencionados. Por lo tanto, si interesa algún componente del aceite esencial de esta especie, en principio no tendría mayor repercusión el hecho de que se recolectara la planta en flor o en fruto. Caso distinto puede ocurrir si se trata de los rendimientos en aceite esencial, como veremos al final de éste capítulo.

De *Thymbra capitata* no se han encontrado datos bibliográficos de estudios de composición química de poblaciones cultivadas, por lo que nuestros datos también son novedosos en este aspecto. A pesar de no haberse realizado análisis estadísticos de esta especie por disponer de un número pequeño de poblaciones, no parecen existir diferencias importantes entre la población silvestre y su homóloga en cultivo, lo cual favorece la posible implantación del cultivo. Tampoco se han observado diferencias importantes entre los años de estudio permiten dar mayor validez a nuestros resultados. Este aspecto ha sido muy raramente considerado por los autores, pues tan sólo Arras & Grella (1992) aportan información sobre resultados obtenidos tras dos años consecutivos de estudios en la isla de Cerdeña. Sin embargo, se trata de una faceta interesante, pues en ocasiones, la peculiaridad del clima de un año concreto, puede mediatizar notablemente los resultados obtenidos, e indirectamente conducir a conclusiones incorrectas.

Thymus caespititius

Esta especie, cuya distribución se encuentra restringida a las islas de Madeira y Azores y al NO de la Península Ibérica, se encuentra bastante poco estudiada. Las poblaciones mejor conocidas son precisamente las localizadas en las Islas de las Azores (Pereira et al. 2000 y 2003). Sin embargo, datos concernientes a poblaciones continentales son escasos (Seoane et al. 1972; Morales, 1986; Salgueiro et al. 1997). En Extremadura, se trata de una planta muy poco frecuente, que vive en NO de la provincia de Cáceres, concretamente en las estribaciones de Sierra de Gata, siendo posiblemente las localidades más continentales que se conocen. Por este motivo, en el presente estudio se restringió el análisis de rendimientos a PE y, en la población de Robledillo de Gata, donde la población no es abundante, se analizó únicamente el estado de fructificación.

Respecto a los datos que se conocen sobre las poblaciones estudiadas por Pereira et al. (2000, 2003), cabe destacar que en Las Azores existe un polimorfismo químico muy alto de esta especie (Tabla 52). En lo que se refiere a las poblaciones testadas en la Península Ibérica -poblaciones estudiadas de forma aislada y en un momento determinado del ciclo vegetativo-, Seoane et al. (1972) encontraron que el material de silvestre analizado tenía como componentes principales el α -terpineol y el borneol. Una población estudiada en Villagarcía de Arosa (Pontevedra), tuvo como componentes mayoritarios α -terpineol (26.2 %) y *p*-cimeno (24.5 %) (Morales, 1986). También se dispone de información de los componentes químicos de esta especie del NO de Portugal, donde el componente principal fue α -terpineol con valores comprendidos entre 30 y 40.5 % (Salgueiro et al. 1997).

Las poblaciones estudiadas en este trabajo tuvieron como principal componente α -terpineol, con valores de 42.25 y 44.07 % para el estado de floración y entre 42.35-44.07 % en el estado de fructificación. Estos valores son bastante próximos a los datos que se disponen de las poblaciones testadas en el territorio peninsular. No se observaron diferencias relevantes entre flor y fruto ni entre los años 2003 y 2004 aunque estos resultados hay que tomarlos con precaución porque se dispuso de pocos datos, que no permitieron realizar un análisis estadístico.

El componente α -terpineol es un terpeno funcionarizado con función alcohol. Se trata de un monoterpeno oxigenado del cual se conoce su actividad como insecticida (Yang et al. 2004) y como agente antimicrobiano (Carson et al. 2002).

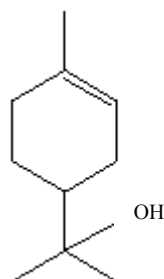


Figura 38. α -terpineol

El aceite esencial de esta especie no ha sido testado para evaluar sus posibles propiedades (antimicrobianas, antioxidantes...), pero el hecho de que este material disponga como componentes mayoritarios, además del α -terpineol, *p*-cimeno (7.32-11.82 %) y γ -terpineno (2.98-6.63 %), compuestos químicos a los que, como hemos comentado anteriormente, se les atribuyen un buen número de propiedades, dan idea de que esta especie puede tener propiedades interesantes.

Se ha utilizado el aceite esencial de este tomillo para el aderezo de aceitunas o como condimentario de platos pero de forma muy restringida por ser una planta poco común.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 52. Algunos datos bibliográficos de la composición química de *Thymus caespitius*.

<i>Thymus caespitius</i>	Morales (1986)	Pereira et.al.(2000)									
	Pontevedra	Isla de San Jorge, Azores									
	Agosto	Junio (plena floración)									
		Pobl. 1	Pobl. 2	Pobl. 3	Pobl. 4	Pobl.5	Pobl. 6	Pobl. 7	Pobl. 8	Pobl. 9	Pobl. 10
α -tuyona		1.5	2.7	2.5	2.6	0.9	0.9	2.2	1.3	2.1	0.2
α -pineno	2.7	0.3	0.9	0.3	0.6	0.3	0.3	0.6	0.4	0.7	0.1
canfeno	3.8	0.1	0.1	0.1	0.1	t	t	0.1	t	0.1	t
sabineno	t	0.1	2.3	40.9	4.2	2.1	0.6	0.1	0.4	0.1	0.9
oct-1-en-3-ol								0.1	0.1	0.1	
β -pineno	0.3	0.4	0.5	0.1	0.2	0.5	0.3	0.7	0.5	0.7	0.2
dehidro-1,8-cineol						0.1	0.1	t	0.1	t	0.1
β -mirreno	0.6					0.1	0.1		0.3		
α -felandreno		0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	t
3- careno		0.1	0.1	t	0.1	t	t	0.1	t	0.1	t
α -terpineno		0.6	1	2.3	2.8	1.3	1.3	1.3	0.6	1	0.3
<i>p</i> -cimeno	24.5	8.4	5.3	2.5	9.3	3	4.5	9.4	4	7.3	0.5
β -felandreno		0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
limoneno	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	1.4	1	0.6	0.5	0.5	0.9
γ -terpineno		3.4	2.2	4.1	5.6	8.1	8.4	4	2.9	3.3	0.7
trans-sabinene hidratado			0.1								
terpinoleno		0.1	0.2	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
cis-sabineno hidratado			t								
linalol	1.7					0.2	0.2	0.1	0.1		0.2
oct-1-en-yl-acetato		0.3	0.4	0.2	0.4	0.2	0.1	0.3	0.2	0.6	t
trans- <i>p</i> -ment-2-en-1-ol			t								
isomentone						0.1					
borneol	1.4	t			t			0.1	0.1	0.1	
terpinen-4-ol	0.7	0.7	1.1	5.7	3.7	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9
α -terpineol	26.2	t	1.4	0.2	0.2	43	46.6	10.4	15.3	6.4	68.3
carvone				0.1	0.1			t	0.1	0.1	t
carvacrol metil eter					t			t			
timol	2.6	57.9	2.5	4.3	44.5	7	8.4	44.4	1.4	19.8	3
carvacrol	1.5	3.5	52.3	17.2	2.5	1.5	2.3	2.9	35.9	31.5	0.5
timol acetato		10.5	0.5	0.5	12.3	0.9	1.3	3.7	0.1	3.7	0.4
carvacril acetato		0.5	5.3	2.6	0.5	0.6	0.1	0.2	3.9	4.4	t
β -elemeno				0.2	0.1	0.2	0.8	0.1	0.1	0.1	t
β -cariofileno		t	t	t	t	0.1	t	0.1	t	0.1	t
alo-aromadendreno		0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.2		0.5	0.5	0.4
δ -germacreno			t			t	0.6				0.2
trans-dihidroagarofuran		0.7	1.8	1.7	1.5	3.4	1.9	0.5	3.2	1.5	3.5
α -Muuroolone		t	t		0.1	0.1		0.1		0.1	
γ -cadineno		0.3	0.6	0.4	0.3	0.9	1.6	1.7	1.7	1.2	1.2
calamineno		0.1	0.1	t	t	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	t
δ -cadineno		0.3	0.3	0.2	0.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3
kessano		0.3	0.9	0.8	0.7	1.4	0.8	0.1	1.5	0.6	1.7
α -cadineno				t		t	0.1		0.1	t	t
elemol		0.3	0.1	t		0.1	0.1	0.5	0.2	0.3	0.1
epi-cubenol								0.6			
t-cadinol		1.3		1.3	0.7	3	5.2	5.1	7.5	3.3	3.8
δ -cadinol			2.2	t	t	t					
β -eudesmol		0.2	t					0.8	0.2	0.3	0.1
α -cadinol		0.3	1.2			0.9	2.4	0.9	1.8	1.6	0.5
intermedeol		0.3		2.2	0.7	0.9		0.9			

Th. mastichina

Th. mastichina es una especie endémica de la Península Ibérica, que se distribuye por todo el territorio a excepción de Cataluña y Levante. Esta planta prefiere los suelos silíceos, más o menos arenosos, pero también es común en terrenos pedregosos, margas yesíferas y roquedos calizos.

En Extremadura se trata de un taxon relativamente frecuente, que podemos encontrar entre los 200 y 1500 msm. Se comporta como especie colonizadora de segundo orden, apareciendo en las unidades de los primeros arbustos que se asientan en las zonas roturadas o, que hayan sufrido desbroces o incendios.

Su aceite esencial está siendo testado en la actualidad por sus propiedades terapéuticas, tales como su actividad antimicrobiana (Faleiro et al. 1999; Pina- Vaz et al. 2004) y su actividad antioxidante (Faleiro et al. 2003; Miguel et al. 2003).

Los estudios realizados sobre el mismo, han sido efectuados sobre un buen número de poblaciones silvestres, procedentes tanto de España como de Portugal. Dichos estudios (cf. Tabla 53), han mostrado un patrón de componentes químicos diversos, donde parecen característicos el componente 1,8-cineol, también llamado eucaliptol (Morales, 1986; Carvalho, 1994; Faleiro et al. 1999; Miguel et al. 1999 a y b, 2003) y el componente linalol (Gaviña et al. 1974; Miguel, 2003). En estos resultados si es quimiotipo 1,8-cineol la presencia de linalol no supera el 15 %, y cuando es quimiotipo linalol el 1,8-cineol no supera el 15 %.

García et al. (1984) localiza los dos quimiotipos antes mencionados y añade la presencia de un quimiotipo intermedio donde el componente principal es el 1,8-cineol, rondando el 50 % y el linalol se acerca el 30 %. Este quimiotipo intermedio podría ser el descrito por Tomei et al. (1995), con 39,9 % de 1,8-cineol y 19,41 % de linalol.

El 1,8-cineol se caracteriza por ser un monoterpeno oxigenado con función éter. Este componente de los aceites esenciales es muy interesante por que se le han reconocido un buen número de propiedades. Entre ellas podemos destacar la actividad

antimicrobiana (Charles et al. 2000; Yu et al. 2000; Carson et al. 2002) y antifúngica (Pina-Vaz et al. 2004). Se ha testado también como agente insecticida (Yang et al. 2004). Pero además 1,8-cineol posee propiedades antiinflamatorias (Joergens et al. 2003; 2004), tiene la capacidad de inhibir la acción enzimática (Oliveira et al. 1999) e incluso actuar como agente anticancerígeno (Russin, 1989).

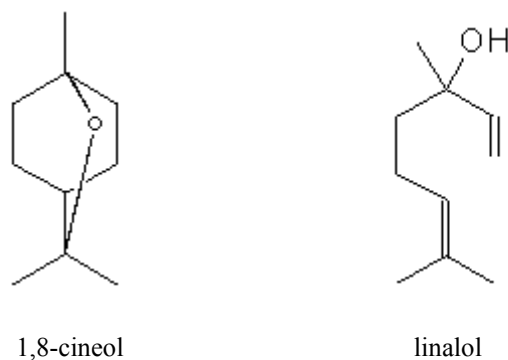


Figura 39. Componentes mayoritarios en el aceite esencial de *Th. mastichina*.

El compuesto linalol también se caracteriza por su acción antimicrobiana (Weissinger et al. 2001; Friedmam et al. 2004; Sonboli et al. 2005; Alviano et al. 2005; Rodrigues et al. 2004; Pattnaik et al. 1997); Carson & Riley, 1995) y antiinflamatoria (Peana et al., 2003; 2004). Se ha confirmado además su acción sedante y su aplicación en la Aromaterapia (Buchbauer et al. 1991).

Las poblaciones estudiadas por nosotros podrían incluirse en el denominado quimiotipo 1,8-cineol ya que los valores que aparecen del par de componentes limoneno+1,8-cineol son próximos o superiores al 70 % (se sabe por bibliografía (ver Tabla 53) que, en extracciones donde se ha podido separar el limoneno del 1,8-cineol, el primero nunca supera el 3 % del total). Dichas poblaciones de *Th. mastichina* mostraron una homogeneidad en sus resultados, aunque el análisis discriminante aplicado, nos ha permitido descubrir diferencias en dos poblaciones con respecto a las demás y entre ellas, que serán discutidas más abajo. Los valores encontrados para el par de componentes limoneno+1,8-cineol nos permite decir que las poblaciones extremeñas alcanzan valores muy altos para el compuesto químico 1,8-cineol, posiblemente situados entre los valores más altos encontrados para esta especie de dicho componente.

Tabla 53. Algunos datos bibliográficos de la composición química de *Thymus mastichina*.

<i>Thymus mastichina</i>	Gaviña (1974 ^a)	García et al. 1984			Morales 1986		Carvalho 1994	Faleiro et al. 99	Miguel et al. 1999b		Miguel et al. 1999a			
	España	España			España		Muitas Vendas	Algarve	Alportel			cultivo en envases		
		1,8-Cineol	Linalol	Intermedio	Madrid 6/77	Cádiz 4/1979	marzo		Diciembre	mayo	planta silvestre	Sustr 1	Sustr 2	Sustr 3
a-tuyeno	t	0.2	0	0					0.2	0.2				
a-pineno	0.5	2	0.2	2.7	2.6	3.3	3.4	5.23	5.3	4	4.6	4.4	3	5
Canfeno	0.3	0.4	t	0.3	1.4	0.1	0.2	6.23	6.3	5	5.2	4.2	3.8	4.4
b-Pineno	0.5	2.5	0.2	3.8	2.7	5.3	4.1	3.58	3.6	3.2	3.5	3.4	2.7	4.1
sabineno		1	0.2	3	0.8	2.2	2,8		1.9	1.8	1.7	2.3	1.5	2.9
mirceneno	0.5	0.3	0.1	1.4	0.9	1.3	1.2	0.86	0.9	1.1	1.1	1	0.7	1.4
a-felandreno		0.1	0	0					t	0.2				
a-terpineno		0.2	0	0.1			vest.		0.4	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4
limoneno		1.2	t	0.8	2.4	0.1	2.7				2.1	1.4	1.2	1.7
cis-ocimeno									0.2	0				
Trans-b-Ocimeno	5.5								0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	1.6
1-8 Cineol		81.3	4	47.7	60.1	66.5	68.5	46.3	46.3	50.3	46.6	48.3	51.6	46.1
g-terpineno	t	0.5	1.6	1.7	0.6	0.2	0.6		0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7
p-cimeno	0.9	0.8	0	0.2	3.4	1	0.2		0.8	0.9	0.8	0.2	0.6	0.1
terpinoleno	0.1	0.1	0.1	0.1					0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
triciclene									0.1	0.1				
trans-epoxilinalol		0.2	1.1	0.4										
cis-epoxilinalol		0.1	0.7	0.3										
c-sabineno hidrat									2.9	0				
t-sabineno hidrat.									0	0	0.4	0.9	0.3	1.2
Alcanfor	4.2	0.3	0	t	0.9	0		10.8	10.8	9.6	10.4	8	10.9	7.7
Linalol	82.5	1.3	82.9	29	14.5	6.2	0.4		0	0.7	0.2	1.3	0.4	1.2
Acetato de linalilo		0.1	0.8	0.8	1	0			0.2	0.1				
acetato de bornilo							1.1		0.2	0.4				
b-cariofileno					1.3	t			1.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2
d-terpineol									1.2	2.5	1.5	1.6	1.7	1.7
terpinen-4-ol		0.3	0.2	0.2	0.1	0.9			2.5	2.5	2.5	2.7	2.6	1.9
trmas-pinocarveol														
mirtenal								2.4						
a-terpineol		1.5	0.3	2.8	2.1	2.6	6.1	3.55	3.6	4	4.5	4.8	4.4	5.6
citronelol							0.8							
mirtenol							0.1							
borneol		0.4	3.5	0.5	t	1			3.5	3.8	5.6	7.6	4.7	5.4
acetato de geranilo		0.1	0.3	t										
geraniol		0.1	0	0.1			0.3		0.3	0.2				
aloaromadendreno					0.9	0								
timol	t	0	0.3	0.1	1.9	t	2.2							
carvacrol		0	0.3	0.1			0.4							
acetato de terpenilo	0.1													
b-elemol									1.2	1.4	1.1	1.3	1.8	2
oxido cariofileno									0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	t
o-eudesmol									0.2	0.3				
g-eudesmol											0.3	0.2	0.2	0.2
b-eudesmol									0.4	0.4	0.6	0.3	0.4	0.3
a-eudesmol									0.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3
citronelol									0.2	0.2				
bisabolene									0	0.1				
b-bourboneno									0.3	0.2				
c-cadinene									0	0.2				
o-cadinene									0.3	0.3				
a-farneseno									0	0.2				
d-germacreno									0.3	0				
a-humoleno									0.1	0.1				
t-cadenol									0	0.1				
a-cadenol									0.1	0.1				
a-cubenol									0	0.1				
globulol									0.7	0.4				
spatuleno									0.2	0.1				

Respecto al estudio de los aceites esenciales en diferentes momentos del ciclo vegetativo sólo conocemos el trabajo de Miguel et al. (1999b) donde se estudian los aceites esenciales en Mayo y Diciembre, no observándose demasiadas variaciones entre ambas fechas en lo relativo a su composición química, si bien este autor no utiliza la herramienta estadística. Por el contrario, en nuestro trabajo, cuando comparamos los resultados del estado de floración con los del estado de fructificación, y sobre la base de un número mayor de muestras analizadas y de la aplicación de las herramientas estadísticas, se observan diferencias estadísticamente significativas en un número considerable de componentes, incluyendo entre ellos algunos de los que alcanzan unos porcentajes de presencia bastante altos. Las diferencias entre estos dos estados se dan tanto en las poblaciones silvestres como en las cultivadas. Así en fructificación tienden a subir el canfeno, el terpinen-4-ol y el terpineol; baja el linalol y se mantienen oscilantes el sabineno y el mirceno (Figura 15), si bien el par de componentes mayoritarios, que suele rondar el 70% del total, limoneno y 1-8 cineol, puede decirse que prácticamente se mantiene estable, porque posiblemente esté muy condicionado por la genética.

En lo referente a trabajos sobre material cultivado de *Th. mastichina*, decir que tampoco existen apenas antecedentes. Miguel et al. (1999a) analiza planta silvestre por un lado y por otro cultiva, en envases con diferentes tratamientos de fertilización, planta procedente del mismo origen que la anterior, observándose ligeras diferencias aunque el autor no aplica ningún test para confirmalas. Arraiza et al. (2001), analiza el cultivo de *Th. mastichina* a lo largo del ciclo vegetativo y la relación entre el componente principal y el rendimiento, concluyendo que los máximos rendimientos coinciden con el máximo contenido en 1,8-cineol, siendo éste el del estado de reposo vegetativo.

Los resultados obtenidos por nosotros al comparar las poblaciones silvestres con sus homólogas en cultivo al analizar cada uno de los componentes del aceite esencial mediante análisis estadísticos muestran diferencias significativas en muchos de ellos, incluyendo el par de componentes principales limoneno y 1,8-cineol, que disminuyeron claramente en las plantas cultivadas respecto a las homólogas silvestres. Sin embargo,

es de destacar que estas diferencias son estadísticamente significativas únicamente en el estado de fructificación. Por otro lado, componentes cuantitativamente importantes como canfeno, sabineno y mirceno (los 3 hidrocarburos monoterpénicos) aumentan, y el terpinen-4-ol y α -terpineol componentes importantes (monoterpenos oxigenados), tienen un comportamiento similar entre el cultivo y la población silvestre. Esta variación de componentes terpénicos en la floración debe estar relacionada con el hecho de que estas moléculas sean inductores enzimáticos específicos de procesos bioquímicos relacionados con la apertura de la flor (Sell, 2003)

Respecto a la comparación entre años, de la que no conocemos estudios previos en esta especie, en nuestro caso no encontramos diferencias significativas, posiblemente debido a que no existieron condiciones climáticas muy diferentes durante los años de periodo experimental.

Variación interpoblacional en Th. mastichina

Las 13 poblaciones estudiadas se encuentran situadas (Figura 8) aproximadamente entre los 260 y los 1100 metros de altitud, y en diferentes tipos de sustratos. Todas pertenecen al quimiotipo 1,8-cineol, pero en dos de ellas (Aliseda y La Garganta), aparecen diferencias frente a las restantes, y éstas consisten en mayores proporciones del b-pineno y menores del limono+1,8-cineol.

La Garganta se encuentra a 1100 msm y ello puede haber configurado unas características propias de los individuos de dicha población, que han debido adaptarse a unas condiciones de menor mediterraneidad que el resto. Esta situación no se da en la población de Aliseda, si bien puede tratarse de un caso en el que las plantas estén sometidas a una presión selectiva del medio, que en principio es difícil de evidenciar.

Respecto a los resultados obtenidos para el cultivo la población que posee las mayores diferencias entre su medio natural (silvestre) y el cultivo es la de La Garganta. En ella es donde se han constatado mayores variaciones en la composición química cuando es trasladada de su zona original al cultivo, lo cual ha de relacionarse con las

diferencias climáticas de ambos lugares, debidas fundamentalmente a una diferencia altitudinal de 600 metros.

Por tanto todas las poblaciones estudiadas pueden considerarse globalmente que muestran un comportamiento similar, excepto la de La Garganta, con una composición química más rica en β -pineno. Esto puede ser tenido en cuenta en aquellos casos en que dicho componente quiera hacerse discriminante de calidad. También habrá que tener presente de cara al cultivo de la especie, que las condiciones del mismo afectan a la composición del aceite.

Th. praecox subsp. *penyalarensis*

La especie *Th. praecox* pertenece a la sección *Serpyllum*, caracterizada por el marcado carácter eurosiberiano de sus miembros. Por esta razón las especies pertenecientes a esta sección aparecen en la región mediterránea en las zonas montañosas y en hábitat donde la sequía estival es poco acusada. Esta distribución discontinua ha provocado una diversificación de esta especie, que han ocasionado problemas taxonómicos. Así se han citado de ella varias subespecies diferenciadas unas de otras por “caracteres complicados” por ser muy similares unas de otras.

La subespecie que se localiza en Extremadura, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, es un endemismo del Sistema Central, que en nuestro territorio se encuentra acantonada en las zonas más elevadas de la sierra de Gredos. Se encuentra, por lo tanto, siempre por encima de los 1800 msm, pudiendo llegar a alcanzar los 2400 msm. Los suelos en los que vive son pedregosos, normalmente de escasa potencia y los individuos se insertan en las grietas de rocas.

De esta especie se conocen trabajos de algunas subespecies como *Th. praecox* subsp. *arcticus*, de la cual se estudiaron poblaciones de Groenlandia, Islandia y Noruega (Stahl, 1984a, 1984b, 1986 respectivamente). Otra subespecie estudiada es *Th. praecox* subsp. *polytrichus*, donde se analizaron muestras de Austria e Italia (Bischof-Deichnik et al. 2000). Se tiene constancia de un estudio de la especie *Th. praecox* en Turquía (Baser et al. 1996). Como nota predominante y a destacar de estos estudios es que *Th. praecox* posee un elevado polimorfismo químico.

No se conocen trabajos de carácter químico en *Thymus praecox* en la Península Ibérica, por lo que los datos que ofrecemos en este trabajo son novedosos. La población analizada por nosotros se caracteriza por tener, a diferencia de las demás especies estudiadas, un gran número de componentes con porcentajes superiores o próximos al 10 % (timol, carvacrol, cis- β -ocimeno, *p*-cimeno, β -mirceno y α -terpineol).

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

No se tiene constancia de que esta planta haya tenido usos medicinales o culinarios debido principalmente a su escasa accesibilidad, pero el hecho de disponer entre los componentes de su aceite esencial terpenos que suelen poseer un buen número de propiedades, pudiera tener interesantes aplicaciones.

Además, los estudios preliminares en esta especie intuyen unas diferencias muy pronunciadas entre los estados de floración y fructificación lo cual da idea de la complejidad a la hora de evaluar los resultados y la necesidad de estudios más profundos que permitan comprender esta dinámica.

Th. pulegioides

La especie *Th. pulegioides* está ampliamente distribuida por el continente europeo. Sin embargo, en la Península Ibérica únicamente se localiza en la mitad Norte, dando idea de su carácter eurosiberiano, al igual que *Th. praecox* subsp. *penyalarensis*, perteneciendo también a la sección *Serphyllum*. En Extremadura aparece en la provincia de Cáceres, donde se han localizado poblaciones repartidas por la sierra de Gata, estribaciones de la sierra de Gredos en los valles del Ambroz, el Jerte y la Vera. Prefiere las zonas con humedad edáfica constante, de suelos sueltos, arenosos, ricos en material orgánica, por encima de los 600 msm, llegando a alcanzar los 1500 msm.

Th. pulegioides, a pesar de disponer de una distribución amplia, no ha sido estudiada desde el punto de vista de la composición de sus aceites esenciales en demasiados países. Cabe destacar que las poblaciones más estudiadas son las localizadas en la antigua Checoslovaquia, de la cual se han encontrado varias publicaciones (Wiesner et al. 1981, 1984; Martini, 1992; Martini et al. 1994). También se encontraron datos bibliográficos de Noruega (Stahl, 1985), Croacia (Kustrak & Martini (1990) y Lituania (Mockute & Bernotiene, 1999, 2001). A destacar a nivel general el carácter polimórfico de esta especie donde se tiene constancia de al menos seis quimiotipos (linalol, fenchona, timol, carvacrol, citral/geraniol y α -terpenil acetato).

El material analizado, cultivado a través de semillas procedentes de La Garganta, se caracterizó por tener como principales componentes timol, carvacrol, *p*-cimeno y γ -terpineno. Estos cuatro componentes son, como dijimos anteriormente, terpenos que se podrían agrupar por estar relacionados todos ellos con el anillo de cimeno.

A pesar de disponer de un solo año de estudio para esta especie, cabe destacar las diferencias observadas entre los resultados obtenidos para el estado de floración y fructificación. En floración tenemos como componente principal al timol con un 42.9 %, seguido de γ -terpineno con el 22.06 %, *p*-cimeno con 13.54 % y carvacrol que no alcanza el 5%. Estos valores se asemejan a los obtenidos por Stahl-Biskup, (1985) en

una población de Noruega (timol 37.24 %; γ -terpineno 23.24 %; *p*-cimeno 9.23 %; carvacrol 2.77 %), considerando a esta población como quimiotipo timol.

Sin embargo, en el estado de fructificación el timol (18.23 %) y γ -terpineno (8.69 %) disminuyen drásticamente su presencia hasta más de la mitad, mientras que *p*-cimeno (31.93 %) y carvacrol (17.90 %) sufren un comportamiento inverso. Esta información es novedosa ya que los estudios realizados sobre este taxon, al igual que ocurre con la mayoría de los análisis de aceites esenciales, se han realizado en el estado de floración únicamente. Por lo tanto cabría la posibilidad de que la diversificación de quimiotipos se viera multiplicada por los diferentes estados por los que pasa la planta a lo largo del año.

Se tiene constancia de que esta planta ha sido usada en medicina popular como expectorante, antiespasmódico y las propiedades vulnerarias y antisépticas que le sirven para el uso en la desinfección de heridas en humano y animales domésticos. Sin embargo, no se conocen trabajos que hayan testado las citadas propiedades con el aceite esencial. Pero lo que si se sabe es que los compuestos terpénicos de los que constan poseen un buen número de actividades como hemos citado anteriormente para el carvarol (antimicrobiana, antifúngica, insecticida y antioxidante), *p*-cimeno (antimicrobiano, antifúngico y antioxidante) y γ -terpineno (actividad antiespasmódica y antioxidante).

Mención especial tiene el timol, que como dijimos anteriormente es el componente mayoritario en el aceite esencial en el estado de floración. El timol es un terpeno con función fenol, al cual se le ha descubierto un número importante de propiedades, las cuales están siendo testadas en los últimos años. Así, se tiene constancia de que este componente de los aceites esenciales posee actividad antimicrobiana (López Malo et al. 2002 y 2005; Olasupo, 2003; Walsh et al. 2003; Ultee et al., 2002; Etteyebi te al. 2000). Esta propiedad ha sido aplicada en diferentes campos, como por ejemplo: la producción de dentríficos (Charles, 2000; Yu, 2000; Harper, 2000; Shi et al., 2001; Didry et al., 1994; Marsh, 1992; Petersson et al., 1991), efecto sobre infecciones del tracto respiratorio (Didry et al., 1993) y, eliminación de

olores y conservación de productos alimenticios (Varel & Miller, 2001; Weissinger et al. 2001). También actúa como producto antifúngico (Bennis et al. 2004; Pina-Vaz et al. 2004; Ramsawak, 2003; Suhr & Nielsen, 2003; Venturini et al. 2002; Stamatii et al. 1999; Pauli & Knobloch, 1987). Se tenía constancia de que los aceites esenciales interaccionaban con los insectos y el timol ha sido verificado como uno de los responsables de esta interacción (Grodnitzky & Coast, 2002; Lee et al., 1997; Lee, 2004; Carvalho et al. 2003; Choi et al. 2002). Además, se le ha reconocido al timol otras actividades (antiinflamatoria (Azuma et al. 1986); antiespasmódica (Astudillo et al. (2004); inhibidora o activadora de proteínas (Sánchez et al. 2004; Tamaura & Iwamoto, 2004; Szentandarray et al. 2004) y antioxidante (Kim & Lee, 2004; Radonic & Milos 2003; Teissedre & Waterhouse, 2000; Youdin & Dean, 2000; Alam et al 1999)) que le da a este componente unas propiedades muy interesantes por su aplicación en la industria farmacéutica y alimentaria.

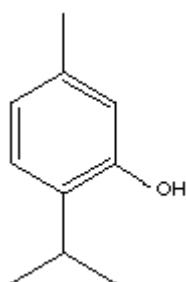


Figura 40. Timol

Th. zygis

Th. zygis es una especie del Mediterráneo Occidental (Península Ibérica y Norte de África), dentro de la cual se han reconocido tres subespecies: *T. zygis* subsp. *zygis*, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris*.

Th. zygis subsp. *zygis* se distribuye por las regiones interiores de la mitad Norte de la Península Ibérica, y forma tomillares o convive con elementos del matorral, en claros de encinares, sabinars, melojares o pinares, aguantando bien las bajas temperaturas, pero no tanto la sequía. En Extremadura se trata de un taxon escaso, que podemos encontrar en poblaciones dispersas de la mitad Norte de la provincia de Cáceres y alcanzar los 1100 msm en las estribaciones de Gredos.

Th. zygis subsp. *gracilis* se distribuye por la mitad Sur peninsular, principalmente en Andalucía oriental, Albacete y Murcia, y el Norte de África. Es un taxon que suele preferir los suelos básicos, en matorrales degradados sobre derrubios, suelos calizos más o menos pedregosos, margas, esquistos micacíticos e incluso sobre suelos arenosos en pinares costeros. Se ha localizado desde el nivel del mar hasta los 2000msm. En la Comunidad Autónoma Extremeña las poblaciones que se conocen son poco comunes, y se sitúan en el Noroeste de la Provincia de Badajoz.

Th. zygis subsp. *sylvestris* está presente en el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica que se asienta sobre suelos básicos aunque puede vivir sobre sustratos ácidos. Se ha localizado a nivel del mar y hasta los 1000 msm produciendo en ocasiones unos tomillares extensos. Es una planta que soporta bien tanto las heladas como periodos prolongados de sequedad. En Extremadura esta es la subespecie más frecuente, y aunque se localiza tanto en Cáceres como en Badajoz, es mucho más frecuente en la franja de terrenos básicos de la última.

El aceite esencial de *Th. zygis* ha sido estudiado en un número considerable de casos en la Península Ibérica, tanto en España como en Portugal (Tabla 54). También se dispone de información de 2 poblaciones de Marruecos (Richard et. al. 1985). Reverth

(1975), además de analizar los rendimientos de diferentes especies, observó que la composición de los tallos es diferente a la de las hojas y que se pierden componentes volátiles al conservar la planta seca. También encontró en el aceite esencial de *Th. zygis* taninos catéquicos y flavonoides. Pero la mayoría de los estudios publicados se han centrado en observar la variabilidad química observada de esta especie.

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 54. Algunos datos bibliográficos de la composición química de *Thymus zygis*.

Autor	Gaviña-et al. (1974)	Mateo et al. (1978)					Velasco & Pérez (1984)				
Subespecie	zygis	sylvestris			gracilis		sylvestris				
	guadalajara	Vaciamadrid	Arganda	C.Oreja	Granada1	Granada2	Aranjuez	Ontigola	C.Reina	Herencia	Yébenes
a- tuyano	0.6						0.54	0.15	0.57	0.47	0.24
a-pineno	0.9	1.5	2.7	6.6	1.5	0.9	0.5	0.22	0.73	1.02	0.63
canfeno	1	2.9	5.4	8	0.4	1.7	0.37	0.31	0.69	1.07	1.57
1-heptanol											
b-pineno	0.3	0.3	1.2	2.1	0.2	0.3	0.1	0.01	0.09	0.15	0.1
sabineno		t	0.6	1			t	0.02	0.06	0.08	0.08
mirceno	0.9	1.2	3.5	5.2	1.6	0.7	0.69	0.45	0.78	0.84	0.8
a-felandreno	0.2						0.17	0.24	0.23	0.3	0.23
a-terpineno	0.2						3.05	0.67	0.68	4	0.63
1,4-cineol											
limoneno		1.2	1.3	1.6	0.3	0.5	1.72	0.29	0.35	0.43	0.32
1-8 cineol	1	0.5	14.2	14.4	0.2	0.5	3.78	0.31	0.33	1.22	0.3
cis-b-ocimeno											
g-terpineno	0.9	6.2	6.9	8.6	3.4	13	5.22	8.14	7.9	9.63	5.37
p-cimeno	17.9	15.9	9.1	11	18	22.4	17.29	11.84	12.12	10.13	11.53
terpinen-1-ol											
terpinoleno							0.25	t	t	0.15	t
t-sabineno hidrat.											
linalilo óxido cis							0.49	0.54	0.44	1.7	0.71
linalol oxido trans											
b-terpineol							1.43	2.82	1.26	t	3.63
alcanfor	1.2	5.6	11.3	9		5	0.94	1.84	0.43	4.43	2.45
citronelal											
Linalol	32.8	2.6	2.4	2.2	3	4.8	2.9	3.89	1.91	11.43	2.67
c-sabineno hidrat.											
c-p-menth-2-en-1-ol											
Acetato de linalilo	1										
Thymilmetileter											
Acetato de bornilo											
Cariofileno		0.4	0.9	1	0.3	2	0.42	0.56	0.42	0.83	0.82
terpinen-4-ol		1.7	1.5		0.8	0.3	1.18	1.72	1.29	1.52	0.83
t-p-menth-2-en-1-ol											
d-Terpineol											
a-terpineol	0.2	1	1.5	1.5	0.2		0.66	0.91	0.52	1.34	0.49
acetato terpenilo											
citronelol							1.26	1.7	1.33	1.57	0.28
mirtenol											
geraniol	5.8										
acetato geranilo	12.9										
borneol		2.8	2.9	2.6	0.6	7.5	1.01	3.26	3.95	5.44	10.22
t-p-menth-5-en-2-ol											
p-cymen-8-ol											
aloaromadendreno		t	0.1		0.1		0.12	0.57	0.24	0.49	0.45
timol	15.1	46.8	27.5	20.9	61.1	11.7	45.07	53.21	57.73	37.37	49.11
carvacrol	1	2.2	1.3	0.4	3.1	20.6	6.75	2.67	2.55	1.32	2.12
MeO-carvacrol		3			0.4		2.14	0.58	0.93	0.45	0.73
b-elemeno							0.17	0.66	0.4	0.44	0.52
Espatuleno											
humuleno							0.05	0.13	0.1	0.17	0.12
nerolidol							0.59	1.21	0.67	0.78	1.02
oxido cariofileno											
viridiflorol											
muuroleno							0.18	0.19	0.23	0.2	0.23
g-cadineno											
delta-cadineno							t	t	t	t	t
óxido humuleno											
calameneno											
cadinelol											
t-cadinol											
a-cadinol											
nerol											
neral											
1-decanol											
cadina-1,4-diol											

Tabla 54. Continuación.

Autor	Richard et al. (1985)		Morales 1986			Rodrigues et al.87	Velasco & Pérez (1990)		Jiménez (1993)	Tantaou (1993)	Salgueiro (1993)
Subsp.	No subsp.		subsp. sylvestris			sylvestris	zygis		zygis	No subsp.	zygis
	Azrou	Hajib	Vaciamadrid6/77	Colmenar	Arganda	Portugal	Zaragoza	Guadalajara	Almería	Marruecos	Portugal
a- tuyano		0.3					t	t			
a-pineno		0.6	1.5	6.6	2.7	2.87	0.77	0.67		5.2	0,5-3,5
canfeno	0.2	0.9	2.9	8	5.4	3.01	0.27	1.24		5.4	2
1-heptanol											
b-pineno	0.1	0.3	0.3	2.1	1.2	0.61	0.42	0.21			
sabineno			t	1	0.6	0.37					
mirceneno	0.3	0.7	1.2	5.2	3.5	1.18	1.71	0.3			
a-felandreno							0.14	t			
a-terpineno		0.1				0.84					
1,4-cineol											
limoneno	3.4	0.6	1.2	1.6	1.3	0.44	4.3	0.42			
1-8 cineol		6.3	0.5	14.4	14.2	6.09					
cis-b-ocimeno											
g-terpineno			6.2	8.6	6.9	7.69	3.62	0.43	1.9		9,0-25,0
p-cimeno	23.3	28.5	15.2	11	9.1	15.77	24.72	3.31	10.3	50.6	15,0-35,0
terpinen-1-ol											
terpinoleno		0.05									
t-sabineno hidrat.											
linalilo óxido cis											
linalol oxido trans											
b-terpineol											
alcanfor		0.2	5.6	9	11.3	0.6	t	t			
citronelal											
Linalol	1.5	4	2.6	2.2	2.4	6.02	2.8	73.6			0,5-5
c-sabineno hidrat.											
c-p-menth-2-en-1-ol											
Acetato de linalilo			0	0	0		t	3.37			
Thymilmetileter	4.5										
Acetato de bormilo		t					0.1	t			
Cariofileno	2	3.1	0.4	1	0.9	1.18	0.34	1.45			
terpinen-4-ol	1.1	0.9	1.7	0	1.5		0.64	0.21			
t-p-menth-2-en-1-ol											
d-Terpineol											
a-terpineol			1	1.5	1.5		0.53	0.25			
acetato terpenilo			0	0	0						
citronelol											
mirtenol											
geraniol							14.5				< 4
acetato geraniol											< 5
borneol	0.5	3.5	2.8	2.6	2.9	9.07	0.71	4.55		5.8	
t-p-menth-5-en-2-ol											
p-cymen-8-ol											
aloaromadendreno			0	0	0.1						
timol	30.7	1.1	46.8	20.9	27.5	14.82	53.6	3.75	74	5	22-38
carvacrol	6.5	42.9	2.2	0.4	1.3	1.7	3.5	0.95	4.8	8.1	0,5-3,5
MeO-carvacrol											
b-elemeno											
Espatuleno											
humuleno							t	t			
nerolidol							0.43				
O. de cariofileno	9.8	1.5						0.89			
viridiflorol											
muuroleno							t	t			
g-cadineno							0.18	t			
delta-cadineno	0.9						t	t			
O. de humuleno							t	0.19			
calameneno							0.1	t			
cadinelol							t	0.12			
t-cadinol							t	0.25			
a-cadinol							t	0.12			
nerol											
neral											
1-decanol											
cadina-1,4-diol							t	0.19			

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Tabla 54. Continuación.

Autor	Carvalho 1994									Sánchez et al. (1995)		
	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	sylvestris	subsp. gracilis		
Subespecie	Serra d'Aire 1	San Antonio	Merssario	San Antonio	Lodeiro	Moitas Vendas	Serra d'Aire 2	Torres Novas	Alcamena	Filabres. Cultivo	Torre blanca	Moratalla
a- tuyano												
a-pineno	4.6	4.2	1.8	1.6	3.2	1.9	3.6	2.6	3.3	4	3.3	4
canfeno	4.2	5.5	2	1.8	2.6	1.4	5	1.1	3.3	1.4	1.1	1.2
1-heptanol												
b-pineno	0.7	0.8	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
sabineno										1.3	1.3	1.3
mirreno	1.4	1.8	0	1	2.1	2.2	1.5	2	1.8	9.9	8.5	10
a-felandreno												
a-terpineno	1.4	1	0	1	1.8	1	1.5	2.1	1.5	3.5	2.8	2.6
1,4-cineol												
limoneno	1.2	1.4	0	0.3	1.4	0.6	1	0.8	0.9	3	3	3.1
1-8 cineol	1.4	1.7	0	0.9	1.7	7.6	1.5	0.9	vest. ?	0.6	0.3	0.4
cis-b-ocimeno												
g-terpineno	13.6	12.3	0	8.3	11.1	9.1	13.5	19.1	12.2	6.9	2.4	4.8
p-cimeno	34.6	34.8	0	14	14.7	13.1	23.3	28.3	17	3.6	1.8	1.5
terpinen-1-ol												
terpinoleno										1.4	0.4	1
t-sabineno hidrat.										5.6	18.4	7.5
linalilo óxido cis										0.2	0.5	0.4
linalol oxido trans										0.4	0.4	0.3
b-terpineol												
alcanfor												
citronelal	0.6	0.2	0.4	0	1.1	8.8	0.8	0	1.7			
Linalol	6.9	7	1.8	13.3	8.2	9.2	6.1	5.1	5.3	33.3	38.7	37.9
c-sabineno hidrat.										1	1.2	0.9
c-p-menth-2-en-1-ol										0.7	0.8	0.9
Acetato de linalilo												
Thymilmetileter												
Acetato de bornilo	3.7	2.4	2.4	3.5	3.7	2.4	3.9	2.8	3.3			
Cariofileno										1.3	1.4	1.8
terpinen-4-ol										7.9	5.4	10.9
t-p-menth-2-en-1-ol												
d-Terpineol												
a-terpineol	3.1	3.4	8.8	4.7	1.6	3.7	4.2	1.2	5.7	1.4	1.9	22.2
acetato terpenilo												
citronelol	2.3	1.2	34.2	0	0.6	1.9	1.5	1.3	0.8			
mirtenol	0	0	2.8	0	0	0.5	0	0	0.5			
geraniol	0	0.3	33.9	0	0	1.9	0	0	0.2			
acetato geraniol												
borneol										1.8	2.5	1.9
t-p-menth-5-en-2-ol										t	0.2	0.2
p-cymen-8-ol										t	0.3	0.3
aloaromadendreno												
timol	11.9	6.3	0	23.8	41.6	5.1	24.5	28.3	0.3	1.1	0.5	0.3
carvacrol	2.7	10.3	0	21.6	2	21.7	1.4	1.9	37.8	0.5	0.2	0.1
MeO-carvacrol												
b-elemeno												
Espatulenol												
humuleno												
nerolidol												
oxido cariofileno										0.1	0.4	0.3
viridiflorol												
muroleno												
g-cadineno												
delta-cadineno												
Óxido humuleno												
calameneno												
cadinelol												
t-cadinol												
a-cadinol												
nerol												
neral												
1-decanol												
cadina-1,4-diol												

Tabla 54. Continuación.

Autor	Sáez (1995)								Moldão et al (1999)	
	gracilis				sylvestris				sylvestris	
Subespecies	timol	linalol / terpinen- 4-ol	linalol	timol / carvacrol	1,8- cineol / limoneno	timol	linalol / 1,8- cineol	timol / carvacrol	floración	post- floración
a- tuyano		0.01		0.04	3.23	0.08	0.44	1.27	0.7	0.7
a-pineno	0.04	4.77	0.1	0.89	0.24	2.28		0.73	0.7	0.8
canfeno	0.03	0.49	0.12	1.44	3.58	1.76	0.06	0.16	1	1.2
1-heptanol									t	0.1
b-pineno	0.04	0.34	0.04	0.18	2.25	0.29	0.66	0.07	0.3	0.3
sabineno		0.05		0.05	0.02	0.06	0.19	1.22	0.2	0.2
mirreno	0.08	3.14	0.08	0.85	1.72	0.09	0.2	1.67	1.1	0.9
a-felandreno									0.1	0.1
a-terpineno	0.02	0.07		0.86	0.24	1.91	0.03	0.34	0.1	0.1
1,4-cineol									0.2	0.6
limoneno	0.09	3.4	0.04	0.37	18.97	0.13		0.21	1.3	0.8
1-8 cineol	1.02	0.08	0.11	0.26	34.5	1.54	16.13	0.02	0.4	1.9
cis-b-ocimeno						1.14	0.28			
g-terpineno	0.36	0.15	0.26	6.34	1.52	10.95	0.18	10.89	11.8	8.7
p-cimeno	2.95	13.44	0.32	18.8	6.69	27.63	0.24	28.15	11.2	10.4
terpinen-1-ol									0.5	0.3
terpinoleno		0.04	0.04	0.08	0.79	0.15		0.1	0.1	0.1
t-sabineno hidratado	0.36	1.36	0.04	0.26	0.37	0.22	1.71	0.56		
linalilo óxido cis										
linalol oxido trans										
b-terpineol										
alcanfor	0.56	0.11	0.07	0.27	0.19	0.1	1.35	0.82	0.4	0.3
citronelal										
Linalol	7.89	28.64	91.4	1.13	6.75	5.1	72.95	3.56	3.1	3.1
s-sabineno hidratado										
c-p-menth-2-en-1-ol										
Acetato de linalilo	0.06	1.63	0.68	0.16	0.07	0.04	0.52	0.04	1.3	0.6
Thymilmetileter										
Acetato de bornilo	1.17	.4	0.08	0.68	0.99	1.04	0.36	0.34	0.1	0.2
Cariofileno	0.12	0.18	0.54		1.86	0.36	0.28	0.03	4.3	3.6
terpinen-4-ol	1.6	17.02	0.22	0.05	0.24	1.15	0.03	2.27	0.4	0.4
t-p-menth-2-en-1-ol										
d-Terpineol	0.11	0.4	0.03	0.85	0.33	0.03	0.4	0.05		
a-terpineol	0.08	0.47		0.05	1.07	0.04	0.02	0.21		
acetato de terpenilo										
citronelol	0.08	0.12	0.15	0.2	0.13	0.06	0.08	0.12		
mirtenol										
geraniol	0.14	0.71	0.26	0.15	0.03	0.39	0.05	0.23	17.5	19.8
acetato de geraniol	0.09	0.07	0.04	5.2	0.16	0.24	0.02	0.04	17.3	20.2
borneol	1.63	2.38	0.75		3.86	4.06	1.04	1.05	3.1	4
t-p-menth-5-en-2-ol										
p-cymen-8-ol										
aloaromadendreno										
timol	71.84	0.24	0.31	25.45	7.43	34.18	0.02	24.39	20.6	15.5
carvacrol	3.34	0.12	0.05	22.79	0.03	1.66	0.03	18.2	1.3	1
MeO-carvacrol										
b-elemeno	0.08	0.24	0.27		0.04		0.01	0.1		
Espatulenol	0.28	0.4	0.07	0.14	0.08		0.11	0.16		
humuleno									0.4	0.1
nerolidol										
oxido de cariofileno	0.07	0.77	0.17	0.51	0.55	0.63	0.2	1.29	0.3	0.4
viridiflorol	0.08	0.8	0.04		0.06		0.11	0.05		
muuroleno										
g-cadineno										
delta-cadineno										
óxido de humuleno										
calameneno										
cadinolol										
t-cadinol										
a-cadinol	0.05	0.12	0.03	0.01	0.06	0.04	0.02	0.03		
nerol									0.1	0.5
neral									0.4	0.4
1-decanol									0.7	0.1

Th. zygis subsp. *gracilis*

Para este taxon nosotros hemos estudiado la población de Badajoz. Saez (1995) identifica para esta subespecie los quimiotipos timol, linalol/terpineol, linalol y timol/carvacrol.

La población de Badajoz se caracteriza por tener unos valores muy altos de timol, alcanzando valores superiores al 70 % y no bajando del 41 %. Estos valores son poco frecuentes y sólo son citados en la bibliografía por Saez, (1995) para esta misma subespecie.

Respecto a cambios en funcion de la fenología o los años, no se observaron diferencias entre flor y fruto ni entre los años de estudio aunque estos resultados hay que tomarlos con precaución porque se dispuso de pocos datos.

Th. zygis subsp. *sylvestris*

Saez, (1995) identifica dentro de este taxon los quimiotipos 1,8-cineol/limoneno, timol, linalol/1,8-cineol y timol/carvacrol.

Las poblaciones estudiadas por nosotros podrían incluirse en dos grupos. El primero de ellos y más común, se caracteriza por una alta presencia de *p*-cimeno y timol. Esta definición que es muy amplia se debe a que la cantidad de estos componentes fluctúa mucho entre unos años y otros, que podría ser debido a la facilidad de transformación de *p*-cimeno en timol, lo que podría ser debido a condiciones ambientales o a que no se haya recogido la planta en unas condiciones exactamente iguales, es decir, un poco antes o un poco después de la plena floración o la plena fructificación. Por lo dicho anteriormente es complicado afirmar diferencias o semejanzas con los resultados de otros autores ya que en la mayoría de los trabajos sólo se dispuso de información en un momento concreto del ciclo vegetativo (generalmente en floración) y sólo un año de estudio.

El segundo lo podemos observar en la población de Cabeza del Buey. Esta población se diferencia claramente de las otras por su gran cantidad de carvacrol, llegando a superar el 60 % del total en estado de floración, y su baja producción de timol, nunca alcanzando el 1 %. Esta población, por lo tanto, podría identificarse como un quimiotipo carvacrol. Aunque los resultados son similares a los de otros trabajos (Richard et al. 1985; Carvalho 1994), decir que los valores son más altos de lo normal para el carvacrol.

Cuando se analizaron las relaciones interpoblacionales, separando floración y fructificación (Análisis Discriminantes) apareció una mayor heterogeneidad en los resultados.

Hay diferencias estadísticamente significativas en un buen número de componentes químicos cuando se compararon los resultados obtenidos en el estado de floración con los de fructificación, siendo alguno de ellos (*p*-cimeno γ -terpineno y timol) los componentes más importantes en proporción para esta especie. Estas diferencias se observaron tanto en las poblaciones silvestres como en las cultivadas.

En lo referente a si aumenta o disminuyen los componentes en el estado de fructificación respecto a la floración (Figura 23), destaca el hecho de que parece existir una relación entre *p*-cimeno y timol (compuestos aromáticos), ya que en fructificación el primero sube y el segundo baja, con cambios bastante fuertes.

Cuando se comparan los resultados de las poblaciones silvestres con sus homólogas cultivadas también aparecen diferencias significativas, apareciendo estas diferencias en un mayor número de componentes en el estado de fructificación.

Los datos antes citados son avalados por el hecho de que entre los años de estudio apenas aparezcan diferencias significativas.

Th. zygis subsp. *zygis*

Esta especie, la cual fue estudiada en una población situada en el Norte de Extremadura (1100 msm, La Garganta (Cáceres)). Se caracterizó por tener como componentes principales timol (30.29-23.25 %) y *p*-cimeno (16.69-29.83 %), aunque su diferencial respecto a los resultados obtenidos para *Th. zygis* subsp. *sylvestris* es la elevada presencia de linalol (11.63-23.73 %) y la presencia de un componente no identificado (q), con valores entre 3.98 y 11.65 % y que en las otras subespecies de *Th. zygis* o no aparece o sus valores son muy inferiores.

Th. zygis subsp. *zygis* ha sido estudiado en varios trabajos (Gaviña-Música et al. (1974); Velasco & Pérez (1990); Jiménez et al. (1993); Salgueiro et al. (1993)), habiendo únicamente similitudes con el trabajo de Gaviña-Música et al. (1974) donde el linalol alcanza el 32.8 %, *p*-cimeno 17.9 % y timol 15.1 %.

La especie *Th. zygis* s.l. ha sido usada por sus propiedades antiespasmódicas y antisépticas en medicina popular. Como planta culinaria se tiene constancia de su uso para aromatizar, conservar y facilitar la digestión de los alimentos. A pesar de estas utilidades populares, son escasos los trabajos que profundicen en las propiedades y actividades del aceite esencial de *Th. zygis*. Algunas excepciones son las aportaciones de Pina-Vaz et al (2004) y Tantaoui et al. (1993) que analizan la actividad antimicrobiana de esta especie, y el trabajo de Jiménez et al. (1993) que estudia sus propiedades antioxidantes.

En los aceites esenciales testados por nosotros de *Th. zygis* s.l. se han identificado una serie de componentes, algunos de ellos mayoritarios, que poseen propiedades muy interesantes. Así el componente mayoritario en casi todas las poblaciones estudiadas, timol, posee, como dijimos con anterioridad, actividad antimicrobiana, antifúngica, antioxidante, antiinflamatorio y como activador o inhibidor de proteínas. *p*-cimeno, con valores superiores al 10 % posee propiedades antimicrobianas y antifúngicas, y como

compuesto antioxidante. Otro componente importante a nivel cuantitativo es γ -terpineno que posee actividad antiespasmódica y antioxidante. También posee el aceite esencial de *Th. zygis* una importante cantidad de linalol que, además de tener actividad antimicrobiana, es antiinflamatorio y tiene acción sedante. Una muestra peculiar de esta especie es la que tiene como procedencia Cabeza del Buey, donde el componente principal fue carvacrol, que como dijimos con anterioridad, posee interesantes propiedades (antimicrobiana, antifúngica, insecticida y antioxidante). Por todo esto parece claro que esta especie posee unos componentes muy interesantes para la industria farmacéutica y agroalimentaria.

Es importante saber que la actividad que posee una muestra biológica, en nuestro caso el aceite esencial, no equivale a la suma de las actividades de cada uno de los componentes que lo forman. Es decir, se pueden producir efectos de sinergismo o antagonismo entre los componentes de una muestra (Millar et al. 1995; Halliwell, 1996). Por lo tanto, si se quiere conocer la acción de los aceites esenciales convendrá analizarlos con técnicas que la evalúen en su conjunto.

Th. villosus subsp. *lusitanicus*

Esta especie es de gran interés ecológico por su distribución ya que se trata de una especie endémica de la Península Ibérica. Concretamente se encuentra el Beira Litoral y Estremadura (Portugal), y en la sierra del Rebollerejo (Toledo), sierra de Río Frío (Ciudad Real) y la serranía de las Villuercas (Cáceres).

Th. villosus s.l. ha sido estudiado por varios autores desde el punto de vista de la composición de los aceites esenciales (Pérez-Alonso & Velasco-Negueruela, 1984; Morales, 1986; Carvalho 1994; Salguero et al. 2000, 1997) (ver Tabla 55).

En concreto Pérez-Alonso y Velasco-Negueruela (1984) analizaron material procedente de las tres provincias donde *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* se encuentra presente en España (Toledo, Ciudad Real y Cáceres). Es destacable el polimorfismo químico observado, el cual podría ser debido a factores medioambientales según estos autores. Destacan entre los componentes mayoritarios alcanfor y borneol en Toledo, mientras que en Ciudad Real y Cáceres los componentes mayoritarios fueron alcanfor, 1,8-cineol y linalol. Otro trabajo (Morales, 1986) analizó una muestra de la misma localidad de Toledo (Sierra de Rebollerejo), donde no se observaron importantes diferencias respecto al anterior.

En cuanto al material de procedencia portuguesa destacamos los trabajos de Salgueiro y colaboradores (1997 y 2000), en los cuales identifican 4 quimiotipos para *Th. villosus* subsp. *villosus* (*p*-cimeno/alcanfor/linalol; *p*-cimeno/borneol; linalol/geraniol/geranil acetato; α -terpineol/alcanfor/mirceno) y 5 quimiotipos para *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* (linalol; linalol/terpinen-4-ol/trans-sabineno hidratado; linalol/1,8-cineol; geraniol acetato/geraniol; geraniol acetato/geraniol/1,8-cineol). El hecho de poseer estas dos subespecies de quimiotipos diferentes permite identificar a cada una de ellas por sus aceites esenciales.

Tabla 55. Algunos datos bibliográficos de la composición química de *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*.

<i>Th. villosus</i> subsp. <i>lusitanicus</i>	Pérez Alonso & Velasco Nequeruela (1984)				Morales (1986)		Carvalho (1994)		Salgueiro et al. (1997)				Salgueiro et al. (2000)			
	subsp. <i>lusitanicus</i>		Ciudad Real		ssp. <i>lusitanicus</i>		no subsp.		ssp. <i>villosus</i>				ssp. <i>lusitanicus</i>			
	Toledo	Cáceres	Toledo	Real	Toledo 6/1981	Monsanto 1/93	QT1	QT2	QT3	QT4	QT1	QT2	QT3	QT4	QT5	
α -tuyena	0,21	0,19		0,24												
α -pineno	1,36	3,48		5,52	3,5	23,1										
canfeno	7,64	4,41		5,75	6,4	12,3										
β -pineno	0,46	1,03		2,32	0,3	2,5										
sabineno	t	t		t	t											
mirreno	0,18	0,41		2,57	0,1	0,9			***							
α -felandreno	0,34	0,03		0,26												
α -terpineno	t	t		t												
limoneno	t	t		t	0	0,7										
1-8 cineol	1,86	14,74		13,81	0,1							***			***	
γ -terpineno	0,08	0,12		1,14	0	3										
t-sabineno hidratado											***					
<i>p</i> -cimeno	1,76	1,41		0,44	0	20,9		***	***							
alcanfor	36,97	25,65		14,18	30,2			***								
linalol	1,41	12,83		18,24	0,4	18,3		***	***	***	***	***	***			
acetato de bormilo						1,6										
acetato de linalilo	0	7,81		0,48	0											
cariofileno					1,9											
terpinen-4-ol	2,24	2,25		1,84	3,3						***					
mirtenal						0,7										
β -terpineol	0	0		0,54												
α -terpineol	0,36	2,66		7,11	2,1	3,6			***							
citronelal	1,66	0,74		0,32												
citronelol						0,7										
geraniol						0,5						***		***	***	
acetato de geraniol												***		***	***	
borneol	15,59	8,78		4,37	15,5				***							
bormil acetato	t	t		0,44												
aloromadrendeno					0											
timol	3,23	0,8		1,94	0											
carvacrol					0											
acetato de terpenilo					0											
β -cariofileno	0,43	t		0,93												
humuleno	0,62	t		0,11												
cadinol??	0	4,36		7,96												
nerolidol	2,95	0		0												

Es destacable el hecho de que ninguno de los 5 quimiotipos de *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* dados en Portugal se corresponden con los datos obtenidos en España.

Aunque esta Memoria pretendía evaluar la producción de aceites esenciales de este taxon, las condiciones en las que éste se encuentra en estos momentos en estado silvestre nos han impedido realizarlo. Las poblaciones localizadas disponían de un número escasos de individuos que aparecían de forma dispersa. Además se ha observado una proliferación importante del híbrido *Th. x toletanus* (*Th. mastichina* x *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*), el cual puede llegar a desplazar a su parental *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, siendo en ocasiones difícil de localizar.

Por lo tanto, un estudio de material silvestre donde es preciso una recolección de una considerable cantidad de muestra se hizo totalmente desaconsejable. Por dicha razón se inició un trabajo de cultivo experimental a través de semillas, pero la germinación inferior al 50 % (ver Capítulo 3) y problemas de supervivencia en plántulas (ataque de insectos y caracoles, y trasplante) no han permitido obtener material suficiente para su análisis.

4.4.2. Rendimientos de aceite esencial de tomillos

Muchos de los trabajos sobre los aceites esenciales de las especies de tomillos están dirigidos al análisis de sus componentes químicos, y por lo tanto estos trabajos sólo en ocasiones ofrecen algún dato sobre el rendimiento. Así podemos encontrar trabajos para *Thymbra capitata* (Kokkini & Vokou, 1989; Biondi et al. 1993; Miguel et al. 2003), *Th. caespititius* (Pereira et al. 2000), *Th. mastichina* (Miguel et al. 1999) o *Th. zygis* (Velasco & Pérez, 1984, 1990). El método más usado para el análisis de los rendimientos es la destilación por arrastre de vapor establecido por las farmacopeas europeas. En la mayoría de estos casos las destilaciones son realizadas cuando las plantas se encuentran en el estado de floración.

Sin embargo, en algunos trabajos utilizan otros métodos o aparatos como el aparato tipo Lickens-Nickerson (Miguel et al. 1999) o utilizan sustancias que favorecen un más rápido arrastre del aceite, como por ejemplo el xileno (Ruberto et al. 1992). También se dispone de información sobre rendimientos para cantidades importantes de planta, donde se utiliza calderas de grandes dimensiones, que son de gran utilidad para el aprovechamiento industrial de este producto (Gaviña-Múgica et al. 1974 a,b; Rodrigues et al. 1987).

Comparación de rendimientos de planta entera (PE) frente a flores y hojas (FH)

Las características genéticas, unidas a los factores ambientales producen cambios morfológicos y químicos en las plantas. En el caso de los tomillos, se observan cambios muy drásticos en su morfología de una estación a otra. Estos cambios pueden llegar a ser muy visibles en algunas especies, tales como *Thymbra capitata* o *Thymus mastichina*, las cuales pierden, en los periodos de mayor estrés hídrico, una buena parte de sus hojas (Morales, 1986). Por otro lado, los aceites esenciales de los tomillos son fabricados en las glándulas secretoras, las cuales se sitúan, en su gran mayoría, en las hojas y flores, aunque también están presentes en los tallos en una menor proporción. Por lo tanto una extracción de planta entera (PE) dará unos rendimientos inferiores a los

que se puedan obtener en una extracción de únicamente flores y hojas (FH). Esto fue confirmado en nuestros resultados donde se obtuvieron deferencias estadísticamente significativas entre PE y FH en *Th. mastichina*, tanto para las poblaciones silvestres como para las cultivadas. En *Th. zygis* estas diferencias sólo aparecieron en estado silvestre, y en *Thymbra capitata* en las poblaciones silvestres y en fructificación.

Comparación del rendimiento entre distintas especies y poblaciones. El papel del cultivo.

De los tomillos extremeños en estado silvestre, *Th. mastichina* es la especie con mayores rendimientos, destacando la población de Descargamaría, con rendimientos entre 2.84-4.97 % en PE y entre 7.16-9.80 % en FH. Con rendimientos entre 1.33-1.98 % en PE y entre 2.07-3.55 % en FH la población silvestre de La Garganta fue la que obtuvo los menores rendimientos. *Thymbra capitata* (1.93-3.78 % PE; 2.11-5.00 % FH) también alcanzó unos rendimientos altos respecto a las demás.

En el lado opuesto se encuentran las especies *Th. zygis* subsp. *sylvestris* (0.35-1.74 % en PH; 0.80-3.05 en FH) y *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* (0.94-1.25 % para PE), fueron las especies que alcanzaron los rendimientos más bajos.

El análisis interpoblacional realizado para *Th. mastichina* y *Th. zygis* en estado silvestre evaluó las poblaciones muestreadas respecto a productividad de aceite esencial. Los resultados del análisis mostraron diferencias significativas entre las poblaciones de *Th. zygis* únicamente en el estado de floración y para FH. En *Th. mastichina* también se intuyen diferencias en floración y para FH, aunque no alcanza la significación ($p=0.056$).

El cultivo de especies aromáticas influye en el comportamiento productivo de los aceites esenciales, como han demostrado (Maksimovic et al. (1993); Ceylan et al. (1994); Letchamo & Gosselin (1995); Mohamed (1997); Sotomayor et al. (2004). En nuestro caso al comparar los datos de las poblaciones silvestres con sus homólogos cultivadas, obtuvimos para *Th. mastichina* unos valores de rendimientos diferentes en el

estado de fructificación, tanto para PE como para FH, mientras que en floración no se observaron estas diferencias. En *Th. zygis*, se observaron diferencias significativas en el estado de floración, pero únicamente en PE, mientras en el estado de fructificación esas diferencias no se observaron.

Por lo tanto el cultivo produce variaciones importantes en la producción de aceites esenciales, eso si, manifestándose con mayor intensidad en uno u otro estado según la especie.

Comparación de rendimientos en floración frente a fructificación. Los ciclos anuales.

La etapa fenológica puede afectar el rendimiento en la producción de aceites esenciales. Sobre esta hipótesis, Reverth (1975) estudió la variación del contenido y composición del aceite esencial de *Th. zygis* durante el desarrollo de la planta, observando que el contenido en aceite aumentaba en primavera y su máximo era en floración, teniendo su mínimo en el final del invierno. También muestra este estudio que el rendimiento está correlacionado directamente con la temperatura e inversamente con la humedad. Observó también que de mayo a octubre, a mayor insolación mayor contenido de esencia, pero entre octubre y febrero ocurría lo contrario.

Otro estudio muy interesante sobre este tema también para *Th. zygis* (Moldao-Martins, 1999), observó que el periodo con mayor rendimientos es en el que la planta se encuentra en floración, disminuyendo en fructificación y alcanzando los valores mínimos en los momentos en que la planta se encuentra parada.

Para *Th. mastichina* (García et al. 1984), observó que los rendimientos mínimos se daban entre febrero y mayo, aumentaba la floración y alcanzaba sus máximos entre septiembre y octubre. Sin embargo, los resultados de Arraiga et al. (2001) no concuerdan con los anteriores donde los valores mínimos son observados en la época post-floración.

Por lo tanto el comportamiento de *Th. mastichina* y *Th. zygis* parece ser algo diferente. Además, se tiene constancia de que los diferentes estados en los que las plantas productoras de aceites esenciales se encuentran a lo largo del año influyen en sus rendimientos. Por ese motivo en nuestro estudio se trabajó con material recolectado en estado de floración y con el recolectado en estado de fructificación, así como analizar por separado los datos de PE y FH.

Al analizar especie por especie los comportamientos no fueron los mismos. En *Thymbra capitata* y *Th. caespititius* a pesar de no tener un número adecuado de datos para el análisis, se intuye que en estado silvestre y para PE existen deferencias entre ambos estados. (Nos centramos en los resultados de *Th. mastichina* y *Th. zygis* donde sí disponíamos de un buen número de datos).

En *Th. zygis* se observó, tanto en las poblaciones silvestres como en las cultivadas, importantes diferencias entre floración y fructificación.

Por el contrario, en *Th. mastichina* se observaron diferencias en las poblaciones silvestres en PE, mientras que en en FH no se observaron diferencias. Sin embargo, en el cultivo el resultado es el contrario, ya que las diferencias únicamente fueron significativas en FH.

Por otra parte, las condiciones ambientales afectan, de mayor o menor manera, en la producción de aceites esenciales. Por lo tanto cabría esperar que en años diferentes los rendimientos pudieran variar. Sin embargo, en los análisis realizados para comprobar estas posibles diferencias entre los años 2002, 2003 y 2004 no ofrecieron diferencias significativas importantes para cada una de las especies de las que se dispuso de información de esos años de estudio, tanto para PE como para FH. De todas formas cabe mencionar que en *Th. zygis* se observaron diferencias significativas en fructificación para PE en las poblaciones silvestres y, para *Th. mastichina* en floración para FH en las poblaciones silvestres, y en fructificación para PE en cultivo.

4.5. CONCLUSIÓN

El trabajo sobre la producción de aceites esenciales de los tomillos extremeños ha aportado información que en algunos casos mejoran el conocimiento que se tenía de las esencias de especies con una amplia distribución (casos de *Th. mastichina* y *Th. zygis*) y, en otros casos ofrecen las primeras informaciones sobre los aceites esenciales por su escasa presencia, tanto a nivel regional como mundial (casos de *Th. caespititius*, *Th. pulegioides*, *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* y *Thymbra capitata*). Además hay que decir que el material del que dispone Extremadura de este grupo de plantas no había sido analizado con anterioridad, por lo que todos los resultados obtenidos son novedosos desde este punto de vista.

La información recopilada ha sido avalada por el hecho de haberse realizado cada experimento al menos en 2 años y haberse analizado los resultados mediante análisis estadísticos.

- *Thymbra capitata*

El material extremeño de *Thymbra capitata* tiene unos rendimientos de aceite esencial comprendidos entre 1.93-3.74 % para planta entera (PE) y entre 2.11-5.00 % para flores y hojas (FH), y dicho aceite está constituido fundamentalmente por carvacrol. Otros componentes con niveles considerables en esta esencia son *p*-cimeno y γ -terpineno.

Se han aportado datos sobre dos estados fenológicos diferentes, no observándose importantes diferencias entre ellos. Los datos correspondientes al estado de fructificación son novedosos al no haber sido objeto de estudio con anterioridad. Se ha aportado información sobre el comportamiento de los componentes de los aceites esenciales de esta especie en cultivo, cuestión no estudiada con anterioridad, donde no se han observado grandes diferencias con respecto al material silvestre, lo cual nos

4. PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

sugiere que si es interesante el aceite, o alguno de los componentes de esta planta, en principio no habrá inconveniente en producirla mediante cultivo.

No se disponía de información de esta especie en cuanto a los rendimientos en cultivo de sus aceites esenciales, por lo que los resultados que se aportan son novedos también en este aspecto.

- *Thymus caespititius*

De esta especie se ha aportado un conocimiento de la composición química del material presente en Extremadura, siendo uno de los escasos trabajos disponibles de esta especie en territorio peninsular. Se aporta información sobre los estados de floración y fructificación, siendo especialmente novedoso el último por no haber sido analizado con anterioridad. El componente mayoritario de esta especie fue α -terpineol, con valores por encima del 40 % y Le sigue en importancia *p*-cimeno.

La información que se ha presentado sobre rendimientos en los estados de floración y, sobre todo de fructificación de esta especie son muy novedosos. Los datos obtenidos fueron de 2.71 % para floración y entre 1.89-2.14 para fructificación.

- *Thymus mastichina*

De *Th. mastichina* se ha estudiado un buen número de poblaciones, que dan idea de las características que posee el material presente en Extremadura.

En lo concerniente a la composición química se han aportado para cada una de las poblaciones datos del estado de floración y fructificación, observándose diferencias significativas entre estos estados en un buen número de componentes. El componente mayoritario en las poblaciones analizadas ha sido 1,8-cineol, con valores siempre próximos o superiores al 70% y llegando a alcanzar el 80 %. A pesar de existir una cierta homogeneidad entre las poblaciones estudiadas, mediante análisis estadístico si se ha observado diferencias en dos poblaciones con respecto a las demás en su composición química (La Garganta y Aliseda). También se aportan datos de

composición en cultivo, pudiéndose comparar estos datos con los de las poblaciones silvestres de origen, observándose importantes variaciones entre silvestre y cultivado (datos a tener en cuenta si se quiere extraer el aceite por algún compuesto en particular).

En cuanto al rendimiento de los aceites esenciales de *Th. mastichina* decir que los datos son novedosos por que comparan los estados de floración y fructificación y, poblaciones silvestres con cultivadas. Los valores de rendimiento de las poblaciones silvestres han oscilado entre 1.98-4.95 % para PE y entre 2.91-9.80 % para FH para el estado de floración y entre 1.11-5.24 % para PE y entre 1.69-9.28 % en el estado de fructificación, siendo la población de Descargamaría la que obtuvo los mayores rendimientos y la de La Garganta los menores. En cuanto a los datos obtenidos en las poblaciones cultivadas se puede concluir que los rendimientos alcanzados son más altos que los de sus homólogas silvestres.

- *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*

Este taxon, incluido en el catálogo de especies protegidas de Extremadura, no había sido analizado con anterioridad en lo que se refiere a la composición química de sus aceites esenciales, por lo que toda la información que se aporta sobre él es novedosa.

Concretamente se aporta información sobre la composición cualitativa y cuantitativa del aceite esencial en los estados de floración y fructificación. La composición química se caracteriza por estar repartida entre un número de componentes que poseen porcentajes superiores o próximos al 10% (timol, carvacrol, cis- β -ocimeno, *p*-cimeno, β -mirceno y α -terpineol). Esta complejidad de componentes se acentúa al observar importantísimas diferencias entre los estados de floración y fructificación.

Los rendimientos obtenidos en las muestras en los dos estados fueron de 1.25 % en floración y de 0.94 % en fructificación (datos de PE).

- *Thymus pulegioides*

De esta especie no se dispone de datos bibliográficos sobre la composición química de sus aceites en material procedente de la Península Ibérica, a pesar de estar distribuida por una buena parte de la mitad Norte Peninsular. Se aporta, por lo tanto, datos novedosos que permiten caracterizar este material, tanto a nivel de su composición como a nivel de rendimiento en cultivo.

Los componentes principales de *Th. pulegioides*, timol, carvacrol, *p*-cimeno y γ -terpineno, los podemos incluir en un mismo grupo por sus estructuras químicas, relacionadas con el anillo de cimeno. Sus componentes varían, de forma más que considerable, sus proporciones entre los estados de floración y fructificación. Este complejo comportamiento hace necesario un estudio más profundo para comprender su dinámica.

Los datos aportados de rendimiento del cultivo (esta especie no pudo analizarse en estado silvestre al ser las poblaciones localizadas de escasa entidad) fueron de 1.36-2.77 % para PE y 2.22-3.60 % para FH.

- *Thymus zygis*

De esta especie, de la que se disponía información de material procedente de gran parte de la Península y que se caracteriza por una gran diversidad de quimiotipos, no se disponía de apenas información sobre material procedente de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Se ha podido analizar material representativo de las 3 subespecies que están dadas para *Th. zygis*.

En lo que se refiere a la composición química se ha observado variabilidad tanto a nivel de subespecie, como a nivel interpoblacional. Así, mientras en *Th. zygis* subsp. *gracilis* se observaron unos niveles altos de timol (40-70 %), en *Th. zygis* subsp. *zygis* este componente se situó entre 23.25 y 30.29 %. En lo que se refiere *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, de la que se dispuso de un mayor número de poblaciones, se han identificado

dos quimiotipos diferentes. Uno se caracteriza por tener altos niveles de *p*-cimeno y timol, y el otro por tener una gran cantidad de carvacrol y escaso contenido en timol. Debemos destacar sobre los resultados obtenidos en *Th. zygis* que existen importantes diferencias en las proporciones en que aparecen los componentes de sus aceites esenciales entre unos años y otros.

Es novedosa la información que se presenta sobre la composición del aceite esencial en diferentes estados de la planta, donde se han observado importantes variaciones cuantitativas en la mayor parte de sus componentes (dato muy a tener en cuenta si interesa alguno de los componentes químicos en concreto). Escasos son los datos que se disponían sobre esta especie en lo referente a su cultivo.

En lo que se refiere a los rendimientos de estas especies los trabajos que existían sobre este tema eran escasos y con poco volumen de información que permitiera análisis de esos resultados. El presente trabajo ha aportado información sobre los rendimientos en planta entera (0.35-3.56 %) y, flores y hojas (0.80-5.19 %), siendo la población de Badajoz, (subespecie *gracilis*), la que obtuvo los más altos rendimientos. Se observaron diferencias significativas entre los estados de floración y fructificación, siendo el primero el que obtuvo rendimientos mayores. Por último decir que los resultados sobre cultivos son novedosos y que las poblaciones cultivadas obtuvieron valores significativamente mayores que sus homólogas silvestres en el estado de floración para PE, no observándose esas diferencias en fructificación.

4.6. BIBLIOGRAFÍA

- Abe, S., Y. Sato, S. Inoue, H. Isihibashi, N. Maruyama, T. Takizawa, H. Oshima & H. Yamaguchi (2003). Anti-Candida albicans activity of essential oils including Lemongrass (*Cymbopogon citricus*) oil and its component, citral. Nipón Ishinkin Gakkai Zasshi. Vol. 44 (4), 285-291.
- Aboutabl, E. A., F. M. Soliman, S. M. El-Zalabani, E. J. Brunke & T. A. El-Kersh (1986). Essential oil of *Thymus bovei* Benth. Scientia Pharmaceutica. Vol. 54, 43-48.
- Abreu, M. A. (1952). Determinacoes analíticas na essencia portuguesa de *Coridothymus capitatus* Rch. f. Contribucao para o estudo de essencia desfenolada. Not. Farm. 1952.
- Adzet, T., R. Granger, J. Passet & R. San Martín (1977). Chimiotypes de L. Plantes Méd. Phytothér. Vol. 11, 275-280.
- Adzet, T., R. Vila, C. Ibáñez & S. Cañigüeral (1988). Essential oil of some Iberian Thymus. Planta Medica. Vol. 54 (4), 369-371.
- Adzet, T., R. Vila, X. Batllori & C. Ibáñez (1989). The essential oil of Thymus moroderi Pau ex Martínez. Flavour and Fragrance Journal. Vol 4 (2), 63-66.
- Adzet, T., R. Vila, S. Cañigüeral & C. Ibáñez (1989). The herb essential oil of *Thymus glandulosus* Lag. ex H. del Villar. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 4 (3), 133-134.
- Adzet, T., S. Cañigüeral, N. Gabalda, C. Ibáñez, X. Tomas & R. Vila (1991). Composition and variability of the essential oil of *Thymus willkomii*. Phytochemistry. Vol. 30 (7), 2289-2293.

-
- Alam, K., M. N. Nagi, O. A. Badary, O. A. Al-Shabanah, A. C. Al-Rikabi & A. M. Al-Bekairi (1999). The protective action of thymol against carbon tetrachloride hepatotoxicity in mice. *Pharmacol. Res.* Vol. 40, 159-163.

 - Allain, P., J. Eloualidi, S. Puech & J. Pellecuer (1994). Chemical variability of the essential oil of *Teucrium pouchiae* Greuter and Burdet on the Languedocian coast (France). *Biochemical Systematics and Ecology.* Vol. 22 (3), 239-248.

 - Alonso, W. R. & R. Croteau (1991). Purification and characterization of the monoterpene cyclase gamma-terpinene synthase from *Thymus vulgaris*. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* Vol. 286 (2), 511-517.

 - Alviano, W. S., R. R. Mendonca-Filho, D. S. Alvino, H. R. Bizzo, T. Souto-Padron, M. L. Rodrigues, A. M. Bolognese, C. S. Alviano & M. M. Souza (2005). Antimicrobial activity of *Croton cajucara* Benth. linalool-rich essential oil on artificial biofilms and planktonic microorganisms. *Oral Microbiol. Immunol.* Vol. 20, 101-105.

 - Angelini, L. G., G. Carpanese, P. L. Cioni, I. Morelli, M. Macchia & G. Flamini (2003). Essential oils from Mediterranean lamiaceae as weed germination inhibitors. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51 (21), 6158-6159.

 - Arraiza, M. P., P. Navarrete & A. Cases (2001). Evolución del rendimiento en esencia y contenido en 1, 8 – cineol en *Thymus mastichina* (L.)L., a lo largo de un ciclo Fenológico completo. En *Acta del III Congreso Forestal Español*. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Granada.

 - Arras, G. & G. E. Grella (1992). Wild thyme, *Thymus capitatus*, essential oil seasonal changes and antimycotic activity. *Journal of Horticultural Science.* Vol. 67 (2), 197-202.

 - Arras, G., A. Piga, G. D'hallewin (1993). The use of *Thymus capitatus* essential oil under vacuum conditions to control *Penicillium digitatum* development on citrus fruit. *Acta Horticulturae.* Vol. 344, 147-153.

- Arras, G., M. Agabbio, A. Piga, G. D'hallewin, D. Gerasopoulos, Ch. Olympios & H. Passam (1995). Fungicide effect of volatile compounds of *Thymus capitatus* essential oil. Acta Horticulturae. Vol. 379, 593-600.
- Arras, G. & M. Usai (2001). Fungitoxic activity of 12 essential oils against four postharvest citrus pathogens: Chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in subatmospheric pressure conditions. J. Food Prot. Vol. 64 (7), 1025-1029.
- Arrebola, M. L., M. C. Navarro & J. Jiménez (1995). Variations in yield and composition of the essential oil of *Thymus serpylloides* Bory subsp. *gadorensis* (Pau) Jalas. Journal of essential oil Research. Vol. 7 (4), 369-374.
- Arrebola, M. L., M. C. Navarro & J. Jiménez (1997). Essential Oil from *Satureja obovata*, *Thymus serpylloides* subsp. *serpylloides* and *T. serpylloides* subsp. *gadorensis* micropropagated plants. Journal of Essential oil Research. Vol. 9 (5), 533-536.
- Asllani, U. (1973). Thymes of Albania and their essential oil. Bul. Univ. Shteteror. Tirames, Ser. Shkenc. Nat. Vol. 27 (1/2), 111-129.
- Astudillo, A., E. Hong, R. Bye & A. Navarrete (2004). Antispasmodic activity of extracts and compounds of *Acalypha phleoides* Cav. Phytother. Res. Vol. 18, 102-106.
- Avetisyan, R. G., L. K. Aslanyants, E. G. Arutyunyan & S. V. Akopyan (1988). The essential Oil of *Mentha longifolia* (L.) Huds. and *Thymus serpyllum* L. (Armeniam SSR). Rastitel'nye Resursy. Vol. 24 (4), 605-610.
- Azaz, A. D., H. A. Irtem, M. Kurkuoglu & K. H. Baser (2004). Composition and the in vitro antimicrobial activity of the essential oil of some *Thymus* species. Z. Naturforsch [C]. Vol. 59 (1-2), 75-80.
- Azuma, Y., N. Ozasa, Y. Ueda & N. Takagi (1986). Pharmacological studies on the anti-inflammatory action of phenolic compounds. J. Dent Res. Vol. 65, 53-56.

-
- Banthorpe, D. V., B. V. Charlwood & M. J. O. Francis (1972). The biosynthesis of monoterpenes. *Chem. Rev.* Vol. 72, 115-155.

 - Baranauskiene, R., P.R. Venskutonis, P. Viskelis, E. Dambrauskiene (2003). Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51 (26), 7751-7758.

 - Baser, K. H. C., N. Kirimer, T. Ozek, M. Kurkeuuoglu & G. Tumen (1992). The essential oil of *Thymus leucostomus* var. *argillaceus*. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 4 (4), 421-422.

 - Baser, K. H. C., N. Kirimer, T. Ozek, M. Kurkeuuoglu & G. Tumen (1992). The essential oil of *Thymus pectinatus* Fisch. Et Mey. var. *pectinatus*. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 4 (5), 523-524.

 - Baser, F. H. C., T. Ozek, M. Kurkeuoglu & G. Tumen (1992). Characterization of essential oil of *Thymus sibthorpii* Benth. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 4 (3), 303-304.

 - Baser, F. H. C., T. Ozek & G. Tumen (1992). Essential oils of *Thymus cariensis* and *Thymus haussknechtii*, Two endemic species in Turkey. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 4 (6), 659-661.

 - Baser, F. H. C., T. Ozek, M. Kurkuoglu & G. Tumen (1992). Composition of the essential oil of *Thymus longicaulis* C. Presl. var. *subisophyllus* (Borb. & Jalas) from Turkey. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 4 (3), 311-312.

 - Baser, F. H. C., T. Ozek, N. Kirimer & H. Malyer (1993). The essential oil of *Thymus bornmuelleri* Velen. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 5 (6), 691-692.

 - Baser, F. H. C., T. Ozek, N. Kirimer & G. Tumen (1993). The occurrence of three chemotypes of *Thymus longicaulis* C. Presl. subsp. *longicaulis* in the same population. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 5 (3), 291-295.

- Baser, K. H. C., N. Kirimer, N. Ermin, T. Ozek & G. Tumen (1996). Composition of essential oils from three varieties of *Thymus praecox* Opiz growing in Turkey. Journal of Essential Oil Research. Vol. 8 (3), 319-321.
- Baser, K. H. C., N. Kirimer, N. Ermin, M. Kurkcuoglu & G. Tumen (1996). Essential oil from four chemotypes of *Thymus zygioides* Grises. var. *lycaonicus* (Celak) Ronniger. Journal of Essential Oil Research. Vol. 8 (6), 615-618.
- Baser, K. H. C., B. Demirci, M. Kurkcuoglu & G. Tumen (1999). Essential oil of *Thymus zygioides* Griseb. var. *zygioides* from Turkey. Journal of Essential Oil Research. Vol. 11 (4), 409-410.
- Basker, D. & E. Putievsky (1978). Seasonal variation in the yields of herb and essential oil in some Labiatae species. Journal and Horticultural Science. Vol. 53 (3), 179-183.
- Battistutta, F., E. Candido, L. Ciola, A. Giomo, G. Comi, L. S. Conte & R. Zironi (1996). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of essential oils of *Salvia officinalis* and *Thymus vulgaris*. Atti convegno internazionale: Coltivazione e miglioramento di piante officinali. 2-3 giugno 1994. 481-486. Trento, Italia.
- Bendl, E., G. Kroyer, J. Washuettl & I. Steiner (1988). Studies on the lyophilization of thyme and sage. Ernährung (Austria). Nutrition. Vol. 12 (12), 793-795.
- Bennis, S., F. Chami, N. Chami, T. Bouchikhi & A. Remmal (2004). Surface alteration of *Saccharomyces cerevisiae* induced by thymol and eugenol. Lett. Appl. Microbiol. Vol. 38, 454-458.
- Benjlali, B., M. Hammoumi & H. Richard (1987 a). Chemical composition of essential oils of various Moroccan thyme. I. Characterization of constituents. Sciences des Aliments. Vol. 7 (1), 77-91.

-
- Benjlali, B., M. Hammoumi, A. M'hamedi & H. Richard (1987 b). Chemical composition of essential oils of various Moroccan thyme varieties. II. Principal component analysis. *Sciences des Aliments*. Vol. 7 (2), 275-299.
 - Benouda, A., M. Hassar & B. Benjlali (1988). Antiseptic properties of essential oils in vitro, tested against pathogenic hospital microorganisms. *Fitoterapia*. 59 (2), 115-119.
 - Bestmann, H. J., J. Erler & O. Vostrowsky (1985). Extraction of thyme with liquid CO₂ on a laboratory scale. *Zeitschrift Fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung*. Vol. 180 (6), 491-493.
 - Bhaskara, M. V., P. Angers, A. Gosselin & J. Arul (1998). Characterization and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in Strawberry fruits. *Phytochemistry*. Vol. 47 (8), 1515-1520.
 - Biondi, D., P. Cianci, C. Geraci, G. Ruberto, M. Piattelli (1993). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from sicilian aromatic plants. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 8, 331-337.
 - Bischof-Deichnik, C., J. Holtuijzen & E. Stahl-Biskup (2000). Multivariate statistical analysis of the essential oil composition of *Thymus praecox* Opiz ssp. *polytrichus* (Kern, ex Borb.) Ronn. Collected in the Tyrolean Alps. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 15, 1-6.
 - Blanquer, A., H. Boira, V. Soler & I. Pérez (1998). Variability of the essential oil of *Thymus piperella*. *Phytochemistry*. Vol. 47 (7), 1271-1276.
 - Blázquez, M. A. & M. C. Zafra-Polo (1989). Essential oil análisis of *Thymus godayanus*, an endemic specie growing in northeastern Spain. *Pharmazie*. Vol. 44, 651.
 - Blázquez, M. A. & M. C. Zafra-Polo (1990). A new chemotype of *Thymus vulgaris* ssp. *aestivus* (Reuter ex Willk.) A. Bolos & O. Bolos. *Pharmazie*. Vol. 45 (10), 802-803.

- Blázquez, M. A., M. C. Zafra-Polo & A. Villar (1989). The volatile oil of *Thymus leptophyllus* growing in Spain. *Planta Medica*. Vol. 55, 198.
- Blázquez, M. A., A. Bono & M. C. Zafra-Polo (1990). Essential oil from *Thymus borgiae*, a new Iberian specie of the Hyphodromi section *Journal of Chromatography*. Vol. 518 (1), 230-233.
- Boira, H. & A. Blanquer (1998). Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 26, 811-822.
- Bouchra, C., M. Achouri, L. M. Idrissi Hassani & M. Hmamouchi (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytris cinerea* Pers: Fr. Vol. 89 (1), 165-169.
- Bruneton, J. (2001). Aceites esenciales. Factores de variabilidad de los aceites esenciales. En: *Farmacognosia*. pp: 488-491. Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- Buchbauer, G., L. Jirovetz, W. Jager, H. Dietrich & C. Plank (1991). Aromatherapy: evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. *Z. Naturforsch.* Vol. 46, 1067-1072.
- Buckingham, J. (1998). *Dictionary of Natural Products* on CD-ROM. Version 6.1. Chapman and Hall. London.
- Burt, S. A., & R. D. Reinders (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett Appl. Microbiol.* Vol. 36 (3), 162-167.
- Cabo, J., M. M. Cabo, M. E. Crespo, J. Jiménez, C. Naverro & A. Zarzuelo (1986). *Thymus granatensis* Boiss: 3. Comparative study of various samples of different geographical origin. *Plantas Medicinales et Phytotherapie*. Vol. 20 (2), 135-147.

- Cabo, J., M. E. Crespo, J. Jiménez, C. Navarro & S. Risco (1987). Seasonal variation of essential oil yield and composition of *Thymus hyemalis*. *Planta Medica*. Vol. 53 (4), 380-382.
- Cabo, J., M. M. Cabo, T. Cruz & J. Jiménez (1988). Study by fine layer chromatography of *Thymus longiflorus* Boiss. essence. *Ars Pharmaceutica*. Vol. 29 (1), 77-84.
- Cabo, M. M., J. Cabo, M. J. Castillo, T. Cruz & J. Jiménez (1990). Étude de l'essence de *Thymus baeticus* Boiss. *Planes médicinales et phytothérapie*. Vol. 24 (3), 197-202.
- Cañigüeral, S., R. Vila, G. Vicario, X. Tomas & T. Adzet (1994). Chemometrics and essential oil analysis: chemical polymorphism in two *Thymus* species. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 22 (3), 307-315.
- Carson, C. F. & T. V. Riley (1995). Antimicrobial activity of the mayor components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Appl. Bacteriol.* Vol. 78, 264-269.
- Carson, C. F., B. J. Mee & T. V. Reley (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob. Agents Chemother.* Vol. 46, 1914-1920.
- Carvalho, J. (1994). Qualidade fragrante e potencialidades de arbustivas espontâneas das Serras de Aire e Candeeiros. *Silva Lusitanica*. Vol. 2 (2), 193-206.
- Carvalho, A. F., V. M. Melo, A. A. Craveiro, M. I. Machado, M. B. Bantim & E. F. Rabelo (2003). Larvicidal activity of the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. against *Aedes aegypti* Linn. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. Vol. 98, 569-571.

- Ceylan, A., E. Bayran & N. Oezay (1994). The effects of N-fertilizer on the yield and quality on *Thymus vulgaris* L. in ecological conditions on Bornova-Izmir. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. Vol. 18 (4), 249-255.
- Chami, N., F. Chami, S. Bennis, J. Trouillas & A. Remmal (2004a). Antifungal treatment with carvacrol and eugenol of oral candidiasis in immunosuppressed rats. Braz. J. Infect. Dis. Vol. 8, 217-226.
- Chami, F., N. Chami, S. Bennis, J. Trouillas & A. Remmal (2004b). Evaluation of carvacrol and eugenol as prephylaxis and treatment of vaginal candidiasis in an immunosuppressed rat model. J. Antimicrob. Chemother. Vol. 54, 909-914.
- Chami, N., S. Bennis, F. Chami, A. Aboussekhra & A. Remmal (2005). Study of anticandidal activity of carvacrol and eugenol in vitro and in vivo. Oral Microbiol. Immunol. Vol. 20, 106-111.
- Charai, M., M. Faid & A. Chaouch (1999). Essential oils from aromatic plants (*Thymus broussonetti* Boiss., *Origanum compactum* Benth. Ans *Citrus limon* (L.) N. L. Burm.) as natural antioxidants for olive oil. Journal of Essential oil Research. Vol.11 (4), 517-521.
- Charles, C. H., J. W. Vincent, L. Borycheski, Y. Amatnieks, M. Sarina, J. Qaqish & H. M. Proskin (2000). Effect of an essential oil-containing dentifrice on dental microbial composition. Am. J. Dent. Vol. 13, 26c-30c.
- Chen, G. Y., Y. Yuan & K. H. Ai (2001). Study on the essential oil components in *Thymus quinqu-costatus* Celak. Yao Xue Xue Bao. Vol. 36 (3), 233-234.
- Choi, W. S., B. S. Park, S. B. Ku & S. E. Lee (2002). Repellent activities of essential oil and monoterpenes against *Culex pipiens pallens*. J. Am. Mosq. Control Assoc. Vol. 18 (4), 348-351.

-
- Cioni, P. L., P. E. Tomei, S. Catalano & I. Morelli (1990). Study of variation in individual essential oils in a micropopulation of *Thymus vulgaris* L. plant. Rivista Italiana EPPOS. Vol. 1, 3-6.
 - Commission Nationale de Pharmacopée-Ordre National des Pharmaciens (1976). Pharmacopée française IX édition. Paris.
 - Cori, O. M. (1983). Enzymic aspects of the biosynthesis of monoterpenes in plants. Phytochemistry. Vol. 22, 331-341.
 - Corticchiato, M., F. Tomi, A. F. Bernardini & J. Casanova (1998). Composition and infraspecific variability of essential oil from *Thymus herba barona* Lois. Biochemical Systematics and Ecology. Vol. 26 (8), 915-932.
 - Cosentino, S., C. I. G. Tuberoso, B. Pisano, M. Satta, V. Mascia, E. Arzedi & F. Palmas (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. Letters in Applied Microbiology. 29 (2), 130-135.
 - Couladis, M., O. Tzakou, S. Kujundzic, M. Sokovic & N. Mimica-Dukic (2004). Chemical analysis and antifungal activity of *Thymus striatus*. Phytother. Res. Vol. 18 (1), 40-42.
 - Council of Europe (1996). European Pharmacopoeia. 3rd. Strasbourg.
 - Crespo, M. E., J. Cabo, J. Jiménez, C. Navarro & A. Zarzuelo (1986). Composition of the essential oil in *Thymus orospedanus*. Journal of Natural Products. Vol. 49 (3), 558-560.
 - Crespo, M. E., E. Gomis, J. Jiménez & C. Navarro (1988). The essential oil of *Thymus serpylloides* ssp. *gadorensis*. Planta Medica. Vol. 54 (2), 161-162.
 - Crespo, M. E., J. Jiménez, E. Gomis & C. Navarro (1990). Antibacterial activity of the essential oil of *Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis*. Microbios. Vol. 61 (248/249), 181-184.

- [Croteau, R. \(1998\)](#). The discovery of terpenes. pp: 329-343. En Discoveries in Plant Biology. Ed: S. D. Kung & S. F. Yang. World Scientific Publ. Hong Kong. pp. 329-343.
- [Cruz, T., M. P. Cabo, M. M. Cabo, J. Jiménez, J. Cabo & C. Ruiz \(1989\)](#). In vitro antibacterial effect of the essential oil of *Thymus longiflorus* Boiss. Microbios. Vol. 60 (242), 59-61.
- [Cruz, T., J. Jiménez, A. Zarzuelo & M. M. Cabo \(1989\)](#). The spasmolytic activity of the essential oil of *Thymus baeticus* Boiss in rats. Phytother. Res. TPR. Vol. 3 (3), 106-108.
- [Cruz, T., M. M. Cabo, M. J. Castillo, J. Jiménez, C. Ruiz & A. Ramos \(1993\)](#). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of different samples of *Thymus baeticus* Boiss. Phytotherapy Research. Vol. 7 (1), 92-94.
- [Cunha, A. P. da, L. R. Salgueiro & A. Proenca da Cunha \(1991\)](#). The chemical polymorphism of *Thymus zygis* ssp. *sylvestris* from central Portugal. Journal of Essential Oil Research. Vol. 3 (6), 409-412.
- [Daferera, D. J., B. N. Ziogas & M. G. Polissiou \(2000\)](#). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 48 (6), 2576-2581.
- [Dapkevicius, A., R. Venskutonis, T. A. van Beek & J. P. H. Linssen \(1998\)](#). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 77 (1), 140-146.
- [Dapkevicius, A., T. A. van Beek, G. P. Lelyveld, A. van Veldhuizen, A. de Croot, J. P. Linssen & R. Venskutonis \(2002\)](#). Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. J. Nat. Prod. Vol. 65 (6), 892-896.

-
- Deans, S. G. & K. P. Svoboda (1992). Effect of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plants. *Acta Horticulturae*. Vol. 306, 450-452.

 - Deans, S. G., E. Simpson, R. C. Noble, A. MacPherson, L. Penzes, H. Schilcher, J. D. Phillipson & D. Loew (1993). Natural antioxidants from *Thymus vulgaris* volatile oil: the beneficial effects upon mammalian lipid metabolism. *Acta Horticulturae*. Vol. 332, 177-182.

 - De Feo, V., M. Bruno, B. Tahiri, F. Napolitano & F. Senatore (2003). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Thymus spinulosus*. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51 (13), 3849-3853.

 - Delpit, B., J. Lamy, F. Roland, J. C. Chalchat & R. P. Garry (2000). Clonal selection of sabinene hydrate-rich thyme (*Thymus vulgaris*). Yield and chemical composition of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 12 (3), 387-391.

 - Dembitskii, A. D., R. A. Yurina & G. I. Krotova (1986). The composition of essential oils of *Thymus marschallianus*. *Chemistry of Natural Compounds*. Vol. 21 (4), 477-480.

 - Demissew, S. (1993). A description of some essential oil bearing plants in Ethiopia and their indigenous uses. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 5 (5), 465-479.

 - Devon, T. K. & A. I. Scott (1972). Handbook of naturally occurring compounds. Vol. II. Terpenes. Academic Press, New York.

 - Didry, N., L. Dubreuil & M. Pinkas (1993). Antimicrobial activity of thymol, carvacrol, and cinnamaldehyde alone or in combination. *Pharmazie*. Vol. 48, 301-304.

 - Didry, N., L. Dubreuil & M. Pinkas (1994). Activity of thymol, carvacrol, cinnamaldehyde and eugenol on oral bacteria. *Pharm. Acta Helv.* Vol. 69, 25-28.

- Dorman, H. J. D., S. G. Deans, R. C. Noble & P. Surei (1995). Evaluation in vitro of plant essential oils as natural antioxidants. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 7 (6), 645-651.
- Dorronsoro, B. (1919). Estudio químico de las esencias naturales españolas. *Mem. Real Acad. Ci. Exact. Madrid* 29.
- Douglas, M., J. McGimpsey & N. Perry (1994). Essential oil in New Zealand. *Horticulture in New Zealand*. Vol. 5 (2), 22-25.
- Dries, J. M. A. van den, A. B. Svendsen & A. Baerheim Svendsen (1989). A simple method for detection of glycosidic bound monoterpenes and other volatile compounds occurring in fresh plant material. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 4 (2), 59-61.
- Dumville, C. (1988). The herb industry. *Professional Horticulture*. Vol. 2 (3), 82-85.
- Dursum, N., N. Liman, I. Ozyazgan, I. Gunes & R. Saraymen (2003). Role of thymus oil in burn wound healing. *J. Burn Care Rehabil*. Vol. 24 (6), 395-399.
- Echeverrigaray, S., G. Agostini, L. Atti-Serfini, N. Paroul, G. F. Pauletti & A. C. dos Santos (2001). Correlation between the chemical and genetic relationships among commercial thymus cultivars. *J. Agric. Food Chem*, Vol 49 (9), 4220-4223.
- Ehlers, B. K. & Thompson (2004). Do co-occurring plant species adapt to one another? The response of *Bromus erectus* to the presence of different *Thymus vulgaris* chemotypes. *Oecologia*. Vol. 141 (3), 511-518.
- Elena-Rosselló, J. A. (1976). Projet d'une étude de taxionomie expérimentale du genre *Thymus*. These doct., Univ. Sc. et Tech. du Langedoc. Montpellier.

-
- Etteyebi, K., J. El Laman & B. Rossi-Hassani (2000). Synergistic effects of nisin and thymol on antimicrobial activities in *Listeria monocytogenes* and *Bacillus subtilis*. FEMS Microbiol. Lett. Vol. 183, 191-195.

 - Falchi- Delitala, L., V. Solinas & C. Geesa (1981). Research on the various components of phenols of the essential oil of *Thymus capitatus* Hoffm. and Link. by high pressure liquid chromatography during the vegetative cycle. Riv. Ital. Essenze Profum. Piante Off. Aroma Synd: Saponi Cos. Aero. Vol. 63 (2), 62-67.

 - Falchi- Delitala, L., V. Solinas & C. Geesa (1983). Seasonal quantitative and qualitative variations of essential oil and its phenols in *Thymus capitatus* Hoffm. and Link and *Thymus herba-barona* Liosel. Fitoterapia. Vol. 54 (2), 87-96.

 - Faleiro, L., G. M. Miguel, C. A. C. Guerrero & J. M. C. Brito (1999). Antimicrobial activity of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* and *Thymus albicans* Hoffmanns & Link. Acta Hort. Vol. 501, 45-48.

 - Faleiro, M. L., M. G. Miguel, F. Ladeiro, F. Venancio, R. Tavares, J. C. Brito, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso & L. G. Pedro (2003). Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portuguese endemic species of *Thymus*. Lett. Appl. Microbiol. Vol. 36 (1), 35-40.

 - Fang, H. J., J. H. Ni, S. Q. Lin & Y. X. Fen (1988). The chemical composition of *Thymus mongolicus* Ronn. and *Thymus quinquecostatus* Celak oils of Chinese origin. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 3 (2), 73-77.

 - Farag, R.S., M. N. Ali & S. H. Taha (1988). Use of some essential oils as natural preservatives for butter. Grasa y Aceites Sevilla. Vol. 28 (1), 28-31.

 - Farag, R. S., Z. Y. Daw & S. H. Abo-Raya (1989). Influence of some spice essential oils on *Aspergillus parasiticus* growth and production of aflatoxins in a synthetic medium. Journal of Food Science. Vol. 54 (1), 74-76.

- Figueiredo, A. C., J. G. Barroso, L. G. Pedro & M. S. Pais (1993). The essential oil of two endemic portuguese Thyme species: *Thymus capitellatus* Hoffmanns. & Link and *Thymus lotocephalus* G. López & R. Morales. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 8, 53-57.
- Figueiredo, A. C., M. G. Miguel, A. M. F. Duarte, J. G. Barroso & L. G. Pedro (2001). Essential oil composition of *Thymus lotocephalus* G. López & R. Morales, collected during flowering and vegetative phases. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 16, 417-421.
- Fleisher, A., Z. Fleisher & S. Abu Rukun (1984). Chemovarieties of *Coridothymus capitatus* L. Rchb. growing in Israel. Journal of the Sciences of Food and Agriculture. Vol. 35 (5), 495-499.
- Frazão, S., A. Ricardo-Domingues & V. Costa (1972). Contribuição ao estudo do óleo essencial de *Thymus mastichina* (Bela-luz ou Mangerona brava) (Comunicacao ao V Congresso Internacional de Oleos Essenciais, Brasil 1971). Anais Acad. Bras. Cienc. (suplemento). pp. 295-297.
- French Standard (1985). Species and condiment. Whole thyme (*Thymus vulgaris*). French Standard. 32-130.
- Friedman, M., P. R. Henika, C. E. Levin & R. E. Mandrell (2004a). Antibacterial activities of plant essential oils and their components against *Escherichia coli* 0157:H7 and *Salmonella enterica* in apple juice. J. Agric. Food Chem. Vol. 52, 6042-6048.
- Friedman, M., R. Buik & C. T. Elliott (2004b). Antimicrobial activities of naturally occurring compounds against antibiotic-resistan *Bacillus cereus* vegetative cells and spores, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. J. Food. Prot. Vol. 67, 1774-1778.
- Gadzhieva, T. G. & F. Y. Kasumov (1988). Component composition of the *Thymus* genus. Chemistry of Natural Compounds. Vol. 23 (6), 775-776.

-
- [García, D. & M. C. García \(1984\)](#). Evidencia del origen no hidrogeno de *Thymus lacaitae* Pau (= *Thymus gypsicola* Riv.-Mart. = *Thymus aranjuezii* Jalas). An. INIA /Ser. Forestal/N.8. 219-229.

 - [García, M. C., D. García & F. Muñoz \(1984\)](#). Avance de un estudio sobre las esencias de *Thymus mastichina* L. español (majorana de España). An. INIA /Ser. Forestal/ N. 8, 201-218.

 - [García, C., J. Jiménez, C. Navarro, J. Cabo & M. M. Cabo \(1988\)](#). About the essential oil from *Thymus longiflorus* Boiss. Plantes Medicinales et Phytotherapie. Vol. 22 (4), 225-230.

 - [Gaviña-Múgica, M. de & J. Tormes Ochoa \(1974a\)](#). Aceites esenciales de la Provincia de Guadalajara. Aceite esencial de *Thymus mastichina* L. Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles. INIA. 361-377.

 - [Gaviña-Múgica, M. de & J. Tormes Ochoa \(1974b\)](#). Aceites esenciales de la Provincia de Guadalajara. Aceite esencial de *Thymus zygis* Loefl.. Contribución al estudio de los aceites esenciales españoles II. INIA. 405-420.

 - [Gersbach, P. V., S. G. Wyllie & V. Sarafis \(2001\)](#). A new histochemical method for localization of the site of monoterpene phenol accumulation in plant secretory structures. Annals of Botany. Vol. 88 (4), 521-525.

 - [Gershenzon, J. & R. Croteau \(1993\)](#). Terpenoid biosynthesis: the basic pathway and formation of monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes. En Lipid Metabolism in Plants. Ed. T. S. Moore. CRC Press, Boca Raton, Fl. pp. 340-388.

 - [Ghannadi, A., S. E. Sajjdi, A. Kabouche & Z. Kabouche \(2004\)](#). *Thymus fontenesii* Boiss. & Reuter. A potential source of tymol-rich essential oil in North Africa. Z. Naturforsch. Vol 59 (3-4), 187-189.

- [Gioannis de, B., B. Marongiu & S. Porcedda \(2001\)](#). Isolation of *Thymus herbarona* volatiles by supercritical fluid extraction. *J. Essent. Oil. Res.* Vol. 13 (4), 240-244.
- [Granger, R., J. Passet & J. P. Girard \(1972\)](#). 2-Methylene-2,7-octadienol isolated from *Thymus vulgaris*. *Phytochemistry*. Vol. 11 (7), 2301-2305.
- [Groditzky, J. A. & J. R. Coast \(2002\)](#). QSAR evolution of monoterpenoids' insecticidal activity. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 50, 4576-4580.
- [Guillén, M. D. & M. J. Manzanos \(1998\)](#). Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris* L. plant. *Food Chemistry*. Vol. 63 (3), 273-283.
- [Halliwell, B. \(1996\)](#). Antioxidant in human health and disease. *Ann. Rev. Nutr.* Vol. 16, 33-50.
- [Harpaz, S., L. Glatman, V. Drabkin & A. Gelman \(2003\)](#). Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater-reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). *J. Food Prot.* Vol. 66 (3), 410-417.
- [Harper, D. S., C. L. Brogdon, M. M. Wu & U. Epelle \(2000\)](#). A rapid method for evaluating microbicidal activity of dentifrice formulations against salivary bacteria *ex vivo*. *J. Clin. Dent.* Vol. 11, 89-93.
- [Herreros, J., P. P. Pellín & J. Pérez \(2001\)](#). Las plantas aromáticas y medicinales en los espacios naturales protegidos de Andalucía: ¿ De los aprovechamientos forestales a la agricultura ecológica?. En *Acta del III Congreso Forestal Español*. Tomo V. pp. 277-284. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Granada.
- [Hierro, I., A. Valero, P. Pérez, P. González, M. M. Cabo, M. C. Navarro \(2004\)](#). Action of different monoterpenic compounds against *Anisakis simplex* s.l. L3 larvae. *Phytomedicine*. Vol. 11, 77-82.

-
- Hudaib, M., E. Speroni, A. M. Di Pietra & V. Cavrini (2002). GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. J. Pharm, Biomed. Anal. Vol. 29 (4), 691-700.
 - Hummelbrunner, L. A. & M. B. Isman (2001). Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). J. Agric. Food Chem. 49 (2), 715-720.
 - Iglesias, J., R. Vila, S. Cañigüeral, J. Bellakhdar & A. Il Idrissi (1991). Analysis of the essential oil of *Thymus riatarum*. J. Ess. Oil Res. Vol. 3, 43-44.
 - Ismaili-Alaoui, M. (1988). Antioxidant property of two labiatae extracts: *Thymus broussonetii* and *Rosmarinus officinalis*. Rabat (Morocco).
 - Ismaili, H., L. Milella, S. Fkih-Tetouani, A. Ilidrissi, A. Camporese, S. Sosa, G. Altinier, R. Della Loggia & R. Aquino (2004). In vivo topical anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of two extracts of *Thymus satureioides* leaves. J. Ethnopharmacol. Vol. 91 (1), 31-36.
 - Ismailov, N. M., F. I. Kasumov & S. A. Akhmedova (1981). Essential oil from *Thymus trautvetteri*. Dokl. Akad. Nauk. Az. SSR. Vol. 37 (5), 64-67.
 - ISO (1985). Whole thyme (*Thymus vulgaris* L.). Specification. Prepared by technical committee ISO/TC 34: Agricultural food products. 1. ed. ISO. 6p.
 - Jackson, S. A. L. & R. K. M. Hay (1994). Characteristics of Varieties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) for use in the UK: oil content, composition and related characters. Journal of Horticultural Science. Vol. 69 (2), 275-281.
 - Jiménez, J., C. Navarro, M. L. Arrebola & O. Socorro (1989). Botanical and pharmacochemical studies of *Thymus hyemalis* Lange. Boletim da Sociedade Broteriana. Vol. 62 (2A), 249-261.

- Jiménez, J., M. C. Navarro, M. P. Montilla, A. Martín & A. Martínez (1993). *Thymus zygis* oil: its effects on CC14-induced hepatotoxicity and free radical scavenger activity. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 5 (2), 153-158.

- Joergens, U. R., U. Dethlefsen, G. Stainkamp, A. Gillissen, R. Repges & H. Vetter (2003). Anti-inflammatory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial. *Respir. Med.* Vol. 97: 250-256.

- Jourgens, U. R., T. Engelen, K. Racke, M. Stober, A. Gillissen & H. Vetter (2004). Inhibitory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) on cytokine production in cultured human lymphocytes and monocytes. *Pulm. Pharmacol.* Vol. 17, 281-287.

- Jordan, M. J., R. M. Martínez, M.A. Cases & J. A. Sotomayor (2003). Watering level effect on *Thymus hyemalis* Lange essential oil yield and composition. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51 (18), 5420-5427.

- Kalinkina, G. I., V. N. Tikhonov, I. N. Gus'kova, L. A. Zarubina & D. D. Taran (1994). Chemical composition and pharmacological properties of essential oil of *Thymus serpyllum* L. s.l. grown in Central Siberia Botanical Garden. *Rastitel'nye Resursy*. Vol. 30 (3), 66-70.

- Kameoka, H., A. Miyake & N. Hirao (1973). The essential oil of *Thymus quinquecostatus* Celak. *Nippon Kagaku Kaishi*. Vol 4, 775-778.

- Kandil, O., N. M. Radwan, A. B. Hassan, A. M. Amer, H. A. el-Banna & W. M. Amer (1994). Extracts and fractions of *Thymus capitatus* exhibit antimicrobial activities. *J. Ethnopharmacol.* Vol. 44 (1), 19-24.

- Kanas, G. D. & A. Loukis (1987). Determination and correlation of active constituents and trace elements in the medicinal plant *Thymus capitatus* Hoffm. *And Link. Fresenius Z Annual Chem.* Vol. 327: 355-357.

-
- [Kanias, G. D. & A. Loukis \(1992\)](#). Statical analysis of essential oil percentage composition of *Coridothymus capitatus* Reichb. F. and *Satureja thymbra* L. J. Essential Oil Res. Vol. 4, 577-584.

 - [Karaman, S., M. Digrak, U. Ravid & A. Ilcim \(2001\)](#). Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey. J. Ethnopharmacol. Vol. 76 (2), 183-186.

 - [Kasumov, F. Y. \(1980\)](#). Essential oil of *Thymus rariflorus*. Chem. Net. Comp. Vol. 15 (6), 770.

 - [Kasumov, F. Y. & S. I. Gavrenkova \(1983\)](#). Components of the essential oil of *Thymus nummularius*. Chem. Nat. Compd. Vol. 18 (5), 622-623.

 - [Kasumov, Y. F., S. E. Davidenko \(1985\)](#). Chemical composition of the essential oils of *Thymus pastoralis* and *Thymus dagestanicus*. Chemistry of Natural Compounds. Vol. 21 (6), 802-803.

 - [Kasumov, F. Y. & M. T. Farkhadova \(1987\)](#). Component composition of the essential oil of *Thymus karamarianicus*. Chemistry of Natural compounds. Vol. 22 (5), 605-606.

 - [Kasumov, F.Y. \(1988\)](#). Component compositions of the essential oils of some species of the genus *Thymus*. Chemistry of Natural Compounds. Vol. 23 (5), 637-638.

 - [Katsiotis, S. & N. Iconomou \(1986\)](#). Contribution to the study of the essential oil from *Thymus tosevii* growing wild in Greece. Plant Med. J. Med. Plant Res. Vol. 4, 334-336.

 - [Khan, M.B., P. Gul, M. Farooq & F. W. Khan \(1988\)](#). Effect on locality of the essential oil yield and physico-chemical characteristics of oil from *Thymus serpyllum* L. Pakistan Journal of Forestry. Vol. 38 (4), 223-229.

- [Kim, D. O. & C. Y. Lee \(2004\)](#). Comprehensive study on vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* Vol. 44, 253-273.
- [Kokkini, S. & D. Vokou \(1989\)](#). Carvacrol-rich plant in Greece. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 4, 1-7.
- [Kuklinski, C. \(2000\)](#). Aceites esenciales. En *Farmacognosia. Estudio de las Drogas y Sustancias Medicamentosas de Origen Natural*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. pp. 134-143.
- [Kulieva, Z. T., D. I. Gusienov, F. I. Kasumov & R. A. Akhundov \(1979\)](#). Studies of the chemical composition and some pharmacologic-toxicologic properties of the essential oil from *Thymus kotschyanus*. *Dokl. Akad. Nauk. Az. SSR*. Vol. 35 (8), 87-91.
- [Kurkin, V. A., G. G. Zapesochayaya, P. E. Krivenchuk & I. T. Plaksina \(1989\)](#). Flavones and rosmarinic acid of *Thymus zheguliensis*. *Chemistry of Natural Compounds*. Vol. 24 (4), 508-509.
- [Kurowska, A., D. Kalemba, J. Gora & T. Majda \(1991\)](#). Analysis of essential oils and their insecticidal properties. IV. Gargen thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Pestycydy*. Vol. 2, 25-29.
- [Kustrak, D., Z. Martinis, J. Kuftinec & N. Blazevic \(1990\)](#). Composition of essential oils of some *Thymus* and *Thymbra* species. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol.5, 227-231.
- [Lawrence, B. M. \(1981\)](#). Progress in essential oils. *Perfumer and Flavorist*. Vol. 6 (5), 27-36.
- [Lawrence, B. M. \(1995\)](#). Progress in essential oils. *Perfumer and Flavorist*. Vol. 20 (4), 29-41.

-
- Lawrence, B. M. (1999). Progress in essential oils. *Perfumer and Flavorist*. Vol. 24 (2), 35-47.

 - Lee, S., R. Tsao, C. Peterson, J. R. Coast (1997). Insectidal activity of monoterpenoids to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae), and house fly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* Vol. 90, 883-892.

 - Lee, H. S. (2004). Acaricidal activity of constituents identified in *Foeniculum vulgare* fruti oil against *Dermatophagoides* spp. (Acari: Pyroglyphidae). *J. Agric. Food Chem.* Vol. 52, 2887-2889.

 - Letchamo, W., R. Marquard, J. Holzl & A. Gosselin (1994). Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of Two *Thymus vulgaris* selections. *Angewandte Botanik*. Vol. 68 (3-4), 83-88.

 - Letchamo, W. & A. Gosselin (1995). Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (*Thymus vulgaris* L.) clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 75 (1), 231-238.

 - Letchamo, W., H. L. Xu & A. Gosselin (1995). Variation in photosynthesis and essential oil in thyme. *Journal of Plant Physiology*. Vol. 147 (1), 29-37.

 - Letchamo, W. & A. Gosselin (1996). Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *Journal of Horticultural Science*. Vol. 71 (1), 123-124.

 - Li, Y. L., L. E. Craker, T. Potter, L. Nolan & K. Shetty (1996). Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). *Acta Horticulturae*. Vol. 426, 419-426.

 - Libbey, L. M. & G. Sturtz (1990). Unusual essential oils grown in Oregon. III. *Thymus* "Pinewood". *Journal of Essential Oil*. Vol. 2 (4), 193-195.

- Lichtenthaler, H. K. (1998). The plants 1-dexyl-D-xylulose-5-phosphate pathway for biosynthesis of isoprenoids. *Fett/Lipid*. Vol. 100, 128-138.
- Little, D. B. & R. B. Croteau (1999). Biochemistry of essential oil terpene. A thirty year overview. En *Flavor Chemistry: 30 Year of Progress*. Ed. Teranishi et al. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. pp. 239-253.
- Loomis, W. D. & R. Croteau (1973). Biochemistry and physiology of lower terpenoids. *Recent Adv. Phytochem*. Vol. 6, 147-182.
- López-Malo, A., S. M. Alzamora & E. Palou (2002). *Aspergillus flavus* dose-response curves to selected natural and synthetic antimicrobials. *Int. J. Food Microbiol*. Vol.73, 213-218.
- López-Malo, A., S. M. Alzamora & E. Palou (2005). *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *Int. J. Food Microbiol*. Vol. 99, 119-128.
- Lozienie, K., J. Vaiciunienė & P. Venskutonis (1998). Chemical composition of the essential oil of creeping thyme (*Thymus serpyllum* s. l.) growing wild in Lithuania. *Planta Medica*. Vol. 64, 772-773.
- Lucchesi, M. E., F. Chemat & J. Smadja (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *J. Chromatogr. A*. Jul. 23; Vol. 1043 (2), 323-7.
- Maitai, C. K. & S. Talalaj (1981). Essential oil from *Thymus vulgaris* cultivated in Kenya. *Kenya J. Sci. Technol. Ser. B. Biol. Sci*. Vol. 2 (1), 35-37.
- Maksimovic, S., D. Antic-Runjajic, V. J. Sekesan, D. Palevitch & E. Putievsky (1993). Possibility of growing medicinal and aromatic plants in mountainous region of Schara. *Acta Horticulturae*. Vol. 344, 585-588.

-
- Manou, I., L. Bouillard, M. J. Devleeschouwer & A. O. Barel (1998). Evaluation of the preservative properties of *Thymus vulgaris* essential oil in topically applied formulations under a challenge test. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 84 (3), 368-376.

 - Mansour, S. A., S. S. Messeha & S. E. el-Gengaihi (2000). Botanical biocides. 4. Mosquitocidal activity certain *Thymus capitatus* constituents. *J. Nat. Toxins*. Vol. 9, 49-62.

 - Marhuenda, E. & C. Alarcón (1986). Composition of essential oil of *Thymus carnosus* and its variation. *Fitoterapia*. 57 (6), 448-450.

 - Marhuenda, E., M. Menéndez & C. Alarcón (1987). Trace constituents in the essential oil of *Thymus carnosus* Boiss. *Plantes Médicinales et phytothérapie*. Vol. 21, (1), 43-46.

 - Marhuenda, E., C. Alarcón, M. D. García & A. Cert (1987). Sur les flavones isolées de *Thymus carnosus* Boiss. *Ann. Pharmaceutiques Francaises*. Vol. 45 (6), 467-470.

 - Marsh, P. D. (1992). Microbiological aspects of the chemical control of plaque and gingivitis. *J. Dent Res*. Vol. 71, 1431-1438.

 - Mártonfi, P. (1992). Essential oil content in *Thymus alpestris* in Slovakia. *Thaiszia Journal of Botany*. Vol. 2, 75-78.

 - Mártonfi, P. (1992). Polymorphism of essential oil in *Thymus pulegioides* subsp. *chamaedryis* in Slovakia. *J. Ess. Oil Res*. Vol. 4, 173-179.

 - Mártonfi, P., A. Grejtovský & M. Repcák (1994). Chemotype pattern differentiation of *Thymus pulegioides* on different substrate. *Biochemical Systematic and Ecology*. Vol. 22 (8), 819-825.

- Mártonfi, P., A. Grejtovský & M. Repcák (1996). Soil chemistry of *Thymus* species stands in Carpathians and Pannonia. *Thaiszia Journal of Botany*. Vol. 6, 39-48.
- Mastelic, J., K. Grzunov & A. Kravar (1992). The chemical composition of terpene alcohols and phenols from the essential oil and terpene glycosides isolated from *Thymus pulegioides* growing wild in Dalmatia. 40th Annual Congress on Medicinal Plant Research. Trieste, September 1-5, 1992. New York.
- Mateo, C., M. P. Morera, J. Sanz, J. Calderón & A. Hernández (1978). *Riv. Italiana, E.P.P.O.S.*, 11: 621-627.
- McCaskill, D. & R. Croteau (1997). Prospects for the bioengineering of isoprenoid biosynthesis. *Advances Biochem. Engin. Biotechnol.* Vol. 55, 102-146.
- McGimpsey, J. A., M. H. Douglas, J. W. van Klink, D. A. Beauregard & N. B. Perry (1994). Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgaris* L. in New Zealand. *Flavour and Fragrance Journal*. Vo. 9 (6), 347-352.
- Miguel, G., C. Guerrero, H. Rodrigues, J. Brito, F. Venâncio, R. Tavares, A. Martins & F. Duarte (1999). Study of the substrate and fertilization effects on the production of essential oils by *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* cultivated in pots. (D. Anaç & P. Martin-Prével Eds.) *Improved Crop. Quality by Nutrient Management*. Holanda. Vol. 46: 201-204.
- Miguel, M. G., C. A. C. Guerrero, J. M. C. Brito, F. Venâncio, R. Tavares, A. Martins & F. Duarte (1999). Essential oils from *Thymus mastichina* (L.) L. ssp. *mastichina* and *Thymus albicans* Hoffmanns. & Link. *Acta Hort.* 500, 59-63.
- Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. G. Barroso & L. Pedro (2003). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymbra capitata* (L.) Cac. On olive and sunflower oils. *Grasa y Aceites*. Vol.54. Fasc.3, 219-225.
- Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. Duarte, J. G. Barroso & L. Pedro (2003). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymus*

albicans, *Th. mastichina*, *Th. carnosus* and *Thymbra capitata* in sunflower oil. *Nahrung*. Vol. 47 (6), 397-402.

- Miller, N. J., A. T. Diplock & C. Rice-Evans (1995). Evaluation of the total antioxidant activities as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 43, 1794-1801.
- Miquel, J. D., H. M. J. Richard & F. G. Sandret (1976). Volatile constituents of Moroccan thyme oil. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 24 (4), 833-835.
- Miralles, J. (1998). Distilled labiatae oils from Spain. *Flavour and Flavorist*. Vol. 23 (3), 15-17.
- Miura, K., H. Kikuzaki & N. Nakatani (2002). Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 50 (7), 1845-1851.
- Mockute, D. & G. Bernotiene (1999). The main citral-geraniol and carvacrol chemotypes of the essential oil of *Thymus pulegioides* L. growing wild in Vilnius district (Lithuania). *J. Agric. Food Chem.* Vol. 47 (9), 3787-3790.
- Mockute, D. & G. Bernotiene (2001). The a-terpenyl acetate chemotype of essential oil of *Thymus pulegioides* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 29, 69-76.
- Mohamed, M. A. (1997). Effect of plant density and date of cutting on *Thymus vulgaris* L. plants. *Egyptian Journal of Horticulture*. Vol 24 (1), 1-6.
- Moldão-Martins, M., M. G. Bernardo-Gil, M. L. Beirão da Costa & M. Rouzet (1999). Seasonal variation in yield and composition of *Thymus zygis* L. subsp. *sylvestris* essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 14, 177-182.

- Moretti, M. D., G. Sanna-Passino, S. Demontis & E. Bazzoni (2002). Essential oil formulations useful as a new tool for insect pest control. *AAPS Pharm. Sci. Tech.* Vol. 3 (2), E13.
- Morgan, R. K. (1989). Chemotypic characteristics of *Thymus vulgaris* L. in Central Otago, New Zealand. *Journal of Biogeography*. Vol. 16 (5), 483-491.
- Nes, N. R. & M. L. Mckean (1977). *Biochemistry of steroids and other isopentenoids*. University Park Press, Baltimore, MD.
- Nguiefack, J., V. Leth, P. H. Amvam Zollo & S. B. Mathur (2004). Evaluation of five essential oils from aromatic plants of Cameroon for controlling food spoilage and mycotoxin producing fungi. *Int. J. Food Microbiol.* Vol. 94 (3), 329-34.
- Novruzova, Z. A., R. M. Abbasov & F. I. Kasumov (1977). Structural features of some representatives of the genus *Thymus* in relation to their content of essential oil. *Izv. Akad. Nauk. Az. SSR, Ser. Biol. Nauk.* Vol. 1, 21-26.
- Olasupo, N. A., D. J. Fitzgerald, M. J. Gasson & A. Narbad (2003). Activity of natural antimicrobial compounds against *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*. *Lett. Appl. Microbiol.* Vol. 37, 448-451.
- Oliveira, A.C. de, A. A. Hidalgo-Neto & F. J. Paumgarten (1999). In vitro inhibition of liver monooxygenases by beta-ionone, 1,8-cineol, (-)-menthol and terpineol. *Toxicology*. Vol. 135, 33-41.
- Olszowska, O. & M. Furmanowa (1987). Micropropagation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) from stem fragments with nodes. *Herba Polonica*. Vol. 33 (2), 137-144.
- Omer, E. A., Z. G. El-Bazza & Z. G. Eggbo (1997). Constituents and biological activities of volatile oil of some Lamiaceae plants as affected by irradiation. *Egyptian Journal of Horticulture*. Vol. 24 (2), 175-196.

-
- Paech, K. (1950). *Biochemie und Physiologie der Sekundaeren Pflanzenstoffe*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

 - Papageorgiou, V. P. (1980). GLC-MS gas liquid chromatography-mass spectral analysis computer analysis of the essential oil of *Thymus capitatus*. *Plant Med. J. Med. Plant Res. Suplemento*, 29-33.

 - Papageorgiou, V. P. & N. Argyriadou (1981). Trace constituents in the essential oil of *Thymus capitatus*. *Phytochemistry*. Vol. 20 (9), 2295-2297.

 - Pattnaik, S., V. R. Subramanyam, M. Bapaji & C. R. Kole (1997). Antimicrobial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios*. Vol. 89, 39-46.

 - Pauli, A. & K. Knobloch (1987). Inhibitory effects of essential oil components on growth of food-contaminating fungi. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* Vol. 185, 10-13.

 - Peana, A. T., P. S. D'Aquila, M. L. Chessa, M. D. Moretti, G. Serra & P. Pippia (2003). (-)-Linalool produces antinociception in two experimental models of pain. *Eur. J. Pharmacol.* Vol. 460, 37-41.

 - Peana, A. T., M. G. Montis, S. Sachi, G. Sircana, P. S. D'Aquilla & P. Pippia (2004). Effect of (-)-linalool in the acute hyperalgesia induced by carrageenan, L-glutamate and prostaglandin E2. *Eur. J. Pharmacol.* Vol. 497, 279-284.

 - Peer, W. A. & J. H. Langenheim (1998). Influence of phytochrome on leaf monoterpene variation in *Satureja douglasii*. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 26 (1), 25-34.

 - Pereira S. I., P. A. Santos, J. G. Barroso, A. C. Figueiredo, L. G. Pedro, L. R. Salgueiro, S. G. Deans & J. J. Scheffer (2000). Chemical polymorphism of essential oils from populations of *Thymus caespititius* grown on the island S. Jorge (Azores). *Phytochem.* Vo. 55 (3), 241-246.

- Pereira S. I., P. A. Santos, J. G. Barroso, A. C. Figueiredo, L. G. Pedro, L. R. Salgueiro, S. G. Deans & J. J. Scheffer (2003). Chemical polymorphism of essential oils from populations of *Thymus caespititius* grown on the islands Pico, Faial and Graciosa (Azores). *Phytochem. Anal.* Vol. 14 (4), 228-231.
- Pérez, M. J. & A. Velasco (1984). Essential oil analysis of *Thymus villosus* subsp. *lusitanicus*. *Phytochemistry*. Vol. 23 (3), 581-582.
- Petersson, L. G., S. Edwardsson & J. Arands (1992). Antimicrobial effect of a dental varnish, in vitro. *Swed. Dent J.* Vol. 16, 183-189.
- Piccaglia, R., M. Marotti (1991). Composition of essential oil of an Italian *Thymus vulgaris* L. ecotype. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 6 (3), 241-244.
- Piccaglia, R. & M. Morotti (1993). Characterization of several aromatic plants grown in Northern Italy. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 8 (2), 115-122.
- Pina-Vaz, C., A. Gonçalves Rodríguez, E. Pinto, S. Costa de Olivera, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, M. J. Goncalves & J. Martinez de Olivera (2004). Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* Vol. 18 (1), 73-78.
- Pino, J. A. (1999). Los componentes volátiles de las especies. XV. Tomillo. *Alimentaria*. 107-109.
- Raal, A., U. Paavar, E. Arak & A. Orav (2004). Content and composition of the essential oil of *Thymus serpyllum* L. growing wild in Estonia. *Medicina (Kaunas)*. Vol. 40 (8), 795-800.
- Radonic, A. & M. Milos (2003). Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant effect of free volatile compounds from *Satureja montana* L. *Free Radic. Res.* Vol. 37, 673-679.

-
- [Ramsewak, R. S. M. G. Nair, M. Stommel & L. Selanders \(2003\)](#). In vitro antagonistic activity of monoterpenes and their mixtures against “toe nail fungus”, pathogens. *Phytother. Res.* Vol. 17, 376-379.

 - [Rasooli, I. & S. A. Mirmostafa \(2002\)](#). Antibacterial properties of *Thymus pubescens* and *Thymus serpyllum* essential oils. *Fitoterapia*. Vol. 73 (3), 244-250.

 - [Rasooli, I. & S. A. Mirmostafa \(2003\)](#). Bacterial susceptibility to and chemical composition of essential oils from *Thymus kotschyanus* and *Thymus persicus*. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 51 (8), 2200-2205.

 - [Raviv, M. & E. Putievsky \(1988\)](#). The propagation and production of dual-purpose potted aromatic plant. *Acta Horticulturae*. Vol. 226 (2), 389-396.

 - [Reddy, M. V. B., P. Angers, A. Gosselin & J. Arul \(1998\)](#). Characterization and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. *Phytochemistry*. Vol. 47 (8), 1515-1520.

 - [Reverth Molina-Niñirola, A. \(1985\)](#). Estudio comparativo de diferentes especies del género *Thymus* L. desde el punto de vista de los aceites esenciales. Tesis doct. Univ. Granada.

 - [Rey, C. \(1991\)](#). The effect of date and height of cut in the first year on the yield of sage and thyme. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*. Vol. 23 (2), 137-143.

 - [Rice, P. J. & J. R. Coast \(1994\)](#). Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* Vol. 87, 1172-1179.

 - [Richard, H., O. Baritoux, B. Benjlali & N. Banquour \(1985\)](#). Study of various essential oils of thyme from Morocco. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* Vol. 18 (2), 105-110.

- [Rivas-Martínez, S. 1987](#). Mapa de series de vegetación de España 1:400.000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA.
- [Rodrigues, O. & L. Ribeiro \(1987\)](#). Composição do óleo essencial de *Thymus zygis* L. subsp. *sylvestris* (Hoffmans & Link) Brot. ex Coutinho da região de Souselas-Coimbra. Bol. Fac. Farm. Coimbra. Vol, 11 (1), 41-50.
- [Rodrigues, H., E. A. Kimura, V. J. Peres, A. S. Couto, F. A. Aquino & A. M. Katzin \(2004\)](#). Terpenes arrest parasite development and inhibit biosynthesis of isoprenoids in *Plasmodium falciparum*. Antimicrob. Agents Chemother. Vol. 48, 2502-2509.
- [Rometsch, S., D. Palevitch & E. Putievsky \(1993\)](#). Ecology and cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in the Canton Valais, Switzerland. Acta Horticulturae. Vol. 344, 411-415.
- [Rota, C., J. J. Carraminana, J. Burillo & A. Herrera \(2004\)](#). In vitro antimicrobial activity of essential oil from aromatic plants against selected foodborne pathogens. J. Food Prot. Vol. 67 (6), 1252-1256.
- [Ruberto, G., D. Biondi & M. Piattelli \(1992\)](#). The essential oil of sicilian *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. Et Link. J. Essent. Oil Res. Vol. 4, 417-418.
- [Rusli, S. & P. Wahid \(1990\)](#). Prospect of the essential oil development in Indonesia. Industrial Crops Research Journal. Vol. 2 (2), 24-29.
- [Russin, W. A., J. D. Hoesly, C. E. Elson, M. A. Tanner & M. N. Gould \(1989\)](#). Inhibition of rat mammary carcinogenesis by monoterpenoids. Carcinogenesis. Vol. 10, 2161-2164.
- [Russo, M., G. C. Galletti, P. Bocchini & A. Carnacini \(1998\)](#). Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirsutum* (Link) Ietswaart): A preliminary evaluation of their use in

chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 46 (9), 3741-3746.

- Ruzicka, L., A. Eschenmoser & H. Heusser (1953). The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Experientia*. Vol.9, 357-396.
- Sacchetti, G., A. Medici, S. Maietti, M. Radice, M. Muzzoli, S. Manfredini, E. Braccioli & R. Bruni (2004). Composition and functional properties of the essential oil of Amazonian basil, *Ocimum micranthum* Willd., Labiatae in comparison with commercial essential oils. *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 52, 3486-3491.
- Sáez, F., P. Sánchez & A. Piqueras (1994). Micropropagation of *Thymus piperella*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Vol. 39 (3), 269-272.
- Sáez, F. (1995). Essential oil variability of *Thymus hyemalis* growing wild in southeastern Spain. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 23 (4), 431-438.
- Sáez, F. (1995). Essential oil variability of *Thymus zygis* growing wild in southeastern Spain. *Phytochemistry*. Vol. 40 (3), 819-825.
- Sáez, F. (1998). Variability in essential oils from populations of *Thymus hyemalis* in southeastern Spain. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. Vol. 5 (4), 65-76.
- Sáez, F. (1999). Essential oil variability of *Thymus baeticus* growing wild in southeastern Spain. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 27 (3), 269-276.
- Sáez, F. (2001). Volatile oil variability in *Thymus serpylloides* subsp. *gadorensis* growing wild in Southeastern Spain. *Biochem. Syst. Ecol.* Vol. 29 (2), 189-198.
- Salguiro, L. M. R. & A. P. da Cunha (1987). Chemical composition of the essential oil of *Thymus zygis* subsp. *sylvestris* (Hoffmanns. & Link) Brot. ex. Coutinho from the central region of Portugal. *Boletim da Faculdade de Farmacia de Coimbra*. Vol. 11 (1), 107-118.

- Salgueiro, L. M. R. (1992). Essential oils of *Thymus* species from Portugal. Flavour and Frgrance Journal. Vol. 7 (3), 159-162.
- Salgueiro, L. R. A. P. da Cunha & J. Paiva (1993). Chemotaxonomic Characterization of a *Thymus* hybrid from Portugal. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 8 (6), 325-330.
- Salgueiro, L. R., O. R. Roque & A. P. da Cunha (1993). Contribution to the standardization of a thymol type essential oil of *Thymus zygis* subsp. *zygis* from Portugal. Acta Horticulturae. Vol. 333, 245-248.
- Salgueiro, L., R. Vila, X. Tomas, F. Tomi, S. Cañigueral, J. Casanova, A. Proença da Cunha & T. Adzet (1995). Chemical polymorphism of the essential oil of *Thymus carnosus* from Portugal. Phytochemistry. Vol. 38 (2), 391-396.
- Salgueiro, L. R., Vila, R., F. Tomi, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso, S. Cañigueral, J. Casanova, A. Proença da Cunha & T. Adzet (1997). Variability of essential oils of *Thymus caespititius* from Portugal. Phytochemistry. Vol. 45 (2), 307-311.
- Salgueiro, L. R., A. P. da Cunha, X. Tomas, S. Cañigueral, T. Adzet, R. Vila & A. P. da Cunha (1997). The essential oil of *Thymus villosus* subsp. *villosus* and its chemical polymorphish. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 12, 117-122.
- Salgueiro L. R., R. Vila, X. Tomas, S., Cañigueral, A. P. da Cunha & T. Adzet (1997). Composition and variability of the essential oils of *Thymus* species from section Mastichina from Portugal. Biochemical Systematics and Ecology. Vol. 25 (7), 659-672.
- Salgueiro, L. R., R. Vila, F. Tomi, X. Tomas, S. Cañigueral, J. Casanova, A. P. da Cunha & T. Adzet (1997). Composition and infraspecific variability of essential oil from *Thymus camphoratus*. Phytochemistry. Vol. 45 (6), 1177-1183.

-
- Salgueiro, L. R., R. Vila, X. Tomas, S. Cañigüeral, J. Paiva, A. Proença da Cunha & T. Adzet (2000). Essential oil composition and variability of *Thymus lotocephals* and *Thymus x mourae*. *Biochem. Syst. Ecol.* Vol. 28 (5), 457-470.
 - Salgueiro, L. R., R. Vila, X. Tomas, S. Canigüeral, J. Paiva, A. Proença da Cunha & T. Adzet (2000). Chemotaxonomic study on *Thymus villosus* from Portugal. *Biochem. Syst. Ecol.* 28 (5), 471-482.
 - Sánchez, P., M. C. Soriano & E. Correal (1992). Tomillos del sureste ibérico: su aprovechamiento y posibilidades de cultivo. INIA. 1º Jornadas Ibéricas de Plantas Medicinales, Aromáticas y de Aceites Esenciales, Madrid, 12-14 Jul. 1989. 75-87.
 - Sánchez, P., J. A. Sotomayor, M. C. Soriano & M. C. García Vallejo (1995). Chemical composition of the esencial oil of *Thymus zygis* subsp. *gracilis* c. v. “Linalool Type”, and its performance under cultivation. *J. Essent. Oil Res.* Vol. 7, 399-402.
 - Sánchez, M. E., V. Turina Adel, D. A. García, M. V. Nolan & M. A. Perillo (2004). Surface activity of thymol: implication for an eventual pharmacological activity. *Colloids SurfB. Biointerfaces.* Vol. 34, 77-86.
 - Sattar, A., M. S. Malik & S. A. Khan (1991). Essential oils of the species of Labiatae. Part IV. Composition of the essential oil of *Thymus serpyllum*. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research.* Vol. 34 (4), 119-120.
 - Sefidkon, F., M. Dabiri & A. Rahami-Bidgoly (1999). The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. *Flavour and Fragrance Journal.* Vol. 14, 405-408.
 - Sefidkon, F., F. Askari & S. A. Mirmostafa (2001). The essential oil of *Thymus carnosus* Boiss., from Iran. *J. Essential oil Res.* Vol. 13 (3), 192-193.
 - Sell, C.S. (2003). A fragrant introduction to terpenoid chemistry. Quest International, UK.

- [Senatore, F. \(1996\)](#). Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris* L.) growing wild in Campania (southern Italy). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 44 (5), 1327-1332.
- [Sendra, J. M. & P. Cuñat \(1980\)](#). Volatile phenolic constituents of Spanish origanum (*Coridothymus capitatus*) essential oil. *Phytochemistry*. Vol. 19, 1513-1517.
- [Seoane, E., E. Francia & E. Reñé \(1972\)](#). Estudio del “*Thymus caespititius*” II. Componentes volátiles. *An. Quim.* Vol. 68: 951-954.
- [Shalaby, A. S., A. M. Razin \(1992\)](#). Dense cultivation and fertilization for higher yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. Vol. 168 (4), 243-248.
- [Shi, X. Q., S. Tranaeus & B. Angmar-Mansson \(2001\)](#). Validation of DIAGNOdent for quantification of smooth-surface caries: an in vitro study. *Acta Odontol. Scand.* Vol. 59, 74-78.
- [Soboli, A., F. Eftekhari, M. Yousefzadi & M. R. Kanani \(2005\)](#). Antimicrobial activity and chemical composition of the essential oil of *Grammosciadium platycarpum* Boiss., from Iran. *Z. Naturforsch.* Vol. 60, 30-34.
- [Solinas, V., C. Gessa, L. F. Delitala \(1981\)](#). High-performance liquid chromatographic analysis of carvacrol and thymol in the essential oil of *Thymus capitatus*. *Journal of Chromatography*. Vol. 219, 332-337.
- [Soriano, M. C., J. A. Sotomayor, E. Correal, P. Sánchez-Gómez & C. G. García-Vallejo \(1997\)](#). Chemical composition of the essential oil of *Thymus x arundanus* Wilk., and its parents *T. mastichina* L. and *T. baeticus* Boiss ex Lacaíta. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 9 (5), 593-594.
- [Sotomayor, J. A., R. M. Martínez, A. J. García & M. J. Jordan \(2004\)](#). *Thymus zygis* subsp. *gracilis*: watering level effect on phytomass production and essential oil quality. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 52 (17): 5418-5424.

-
- [Stahl, E. \(1984\)](#). Chemical polymorphis of essential oil in *Thymus praecox* ssp. *arcticus* (Lamiaceae) from Greenland. *Nordic Journal of Botany*. Vol. 4 (5), 597-600.

 - [Stahl-Biskup, E. 1986](#)). The essential oil from Norwegian *Thymus* species; II. *Thymus pulegioides*. *Planta Medica*, Vol. 3, 233-235.

 - [Stahl, E. \(1986\)](#). The essential oil from Norwegian *Thymus* species. I. *Thymus praecox* ssp. *arcticus*. *Planta Medica*. Vol 24, 36-38.

 - [Stahl-Biskup, E. & I. Laakso \(1990\)](#). Essential oil polymorphism in Finnish *Thymus* species. *Planta Medica*. Vol. 56 (5), 464-468.

 - [Stahl-Biskup, E. \(1991\)](#). The chemical composition of *Thymus* oil: A review of the literature 1960-1989. *J. Ess. Oil. Res.* Vol. 3, 61-82.

 - [Stammati, A., P. Bonsi, F. Zucco, R. Moezelaar, H. L. Alakomi & A. von Wright \(1999\)](#). Toxicity of selected plant volatiles in microbial and mammalian short-term assays. *Food Chem. Toxicol.* Vol. 37, 813-823.

 - [Suhr & Nielsen, \(2003\)](#). Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. *J. Appl. Microbiol.* Vol. 94, 665-674.

 - [Sur, S. V., F. M. Tuljupa & L. I. Sur \(1991\)](#). Gas chromatographic determination of monoterpenes in essential oil medicinal plants. *J. Chromatogr.* Vol. 542 (2), 451-458.

 - [Szentandrassy, N., G. Szigeti, C. Szegedi, J. Sarkozi, J. Magyar, T. Banyasz. L. Csernoch, L. Kovac, P. P. Nanasi & I. Jona \(2004\)](#). Effect of thymol on calcium handling in mammalian ventricular myocardium. *Life Sci.* Vol. 74, 909-921.

 - [Tamura, T. & Iwamoto \(2004\)](#). Thymol: a classical small-molecule compound that has a dual effect (potentiating and inhibitory) on myosin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* Vol. 318, 786-791.

- Tantaoui-Elaraki, A., N. Lattaoui, A. Errifi & B. Benjlali (1993). Composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus broussonettii*, *T. zygis* and *T. satureioides*. Journal of Essential oil Research. Vol. 5 (1), 45-53.
- Tateo, F., G. Salvatore & M. Nicoletti (1992). Qualitative-sanitary and marketing aspects of essential oils. Part I: Diisopropylcresols in adulterated samples of thyme. Industrie Alimentari. XXXI, 28-35.
- Tateo, F., M. Mariotti & M. Bononi (1996). Essential oil composition and enantiomeric distribution of some monoterpenoid components of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. Fil. Grown in island of Kos (Greece). La Rivista di Scienza dell'Alimentazione. Anno 25, n.2, 103-107.
- Tateo, F., M. Mariotti & M. Bononi (1996). Essential oil composition and enantiomeric distribution of some monoterpenoid components of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. Fil. Grown in island of Kos (Greece). J. Essent. Oil Res. Vol. 10, 241-244.
- Teissedre, P. L. & A. L. Waterhouse (2000). Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. J. Agric. Food. Chem. Vol. 48, 3801-3805.
- Tepe, B., D. Daferera, M. Sokmen, M. Polissiou & A. Sokmen (2004). In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and various extracts of *Thymus eigi* M. Zohary et P. H. Davis. J. Agric. Food Chem. Vol. 52 (5), 1132-1137.
- Thanos, C. A., C. C. Kadis & F. Skarou (1995). Ecophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (Labiatae). Seed Science Research. Vol. 5 (3), 161-170.
- Thompson, J. D., J. C. Chalchat, A. Michet, Y. B. Linhart & B. Ehlers (2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpane co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. J. Chem. Ecol. Vol. 29 (4), 859-880.

-
- Tikhonov, V. N., V. A. Khan & G. I. Kalinkina (1989). Composition of the essential oil of *Thymus krylovii*. *Cham. Nat. Compd.* Vol. 24 (6), 759.
 - Tolok, A. Y., S. S. Artemchenko (1989). Photometric determination of phenols in essential oil. *Chemistry of Natural Compounds.* Vol. 24 (4), 430-431.
 - Tomei, T. E., P. L. Cioni, G. Flamini & A. Stefani (1995). Evaluation of the chemical composition of the essential oil of some Lamiaceae from Serrania de Ronda (Andalucia, Spain). *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 7, 279-282.
 - Tormo, R., Ruiz, T. & Devesa, J.A. 1995. El Clima. In: Devesa, J.A., ed. *Vegetación y flora de Extremadura.* Badajoz. Universitas Editorial. pp. 37-48.
 - Torrente, F. (1985). El tomillo: Aprovechamiento y cultivo. *Publicaciones de Extensiones Agrarias.* MAPA. Hojas divulgadoras.
 - Tumen, G., M. Koyuncu, N. Kirimer & K. H. C. Baser (1994). Composition of the essential oil of *Thymus cilicicus* Boiss. & Bal. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 6 (1), 97-98.
 - Tumen, G. & K. H. C. Baser (1994). Essential oil of *Thymus syriacus* Boiss. *Journal Essential Oil Research.* Vol. 6 (6), 663-664.
 - Ueda, S., Y. Kuwabara, N. Hirai, H. Sasaki & T. Sugahara (1991). Antimutagenic capacities of different kinds of vegetables and mushrooms. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology.* Vol. 38 (6), 507-514.
 - Ultee, A., L. G. Gorris & E. J. Smid (1998). Bactericidal activity of carvacrol towards the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *J. Appl. Microbiol.* Vol. 85, 211-218.
 - Ultee, A., R. A. Slump, G. Steging & E. J. Smid (2000). Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *J. Food Prot.* Vol. 63, 620-624.

- Ultee, A., M. H. Bennik & R. Moezelaar (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 68, 1561-1568.
- Valdar-Unlu, G., F. Canda, A. Sokmen, D. Daferera, M. Polissiou, E. Donmez & B. Tepe (2003). Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. Et Mey. var. *pectinatus*. *J. Agric. Chem.* Vol. 51 (1), 63-67.
- Varel, V. H. & D. N. Miller (2001). Effect of carvacrol and thymol on odor emissions from livestock wastes. *Water Sci. Technol.* Vol. 44, 143-148.
- Velasco, A. & M. J. Pérez (1985). Aceites esenciales de tomillos ibéricos. III. Contribución al estudio de quimiotipos en el grupo *Thymus zygis* L. *Anal. Bromatol.* XXXVI-2, 301-308.
- Velasco Negueruela, A., Pérez Alonso (1985). Aceites esenciales de tomillos ibéricos. I. Contribución al conocimiento del aceite esencial de *Thymus orospedanus* H. de Villar. *Anales Jardín Botánico de Madrid.* Vol. 41 (2), 337-340.
- Velasco-Negueruela, A. V. & M. J. Pérez Alonso (1985). Essential oils of Iberian Thymes. Chemotypes in the *Thymus zygis* group. *Anales de Bromatología.* Vol. 36 (2), 301-308.
- Velasco Negueruela, A., Pérez Alonso (1985). Aceites esenciales de tomillos ibéricos. II. Contribución al conocimiento del aceite esencial de *Thymus lacaitae* Pau. *Anales Jardín Botánico de Madrid.* Vol. 42 (1), 159-163.
- Velasco Negueruela, A., Pérez Alonso (1986). Aceites esenciales de tomillos ibéricos. IV. Contribución al estudio quimiotaxonómico (terpenoides) del género *Thymus* L. *Trab. Dep. Botánica.* Vol. 13, 115-133.
- Velasco Negueruela, A., Pérez Alonso (1987). Essential oils of Iberian species of *Thymus*. V. Contribution to the knowledge of the essential oil of *Thymus*

camphoratus Hoffmans and Link. Anales del Jardín Botánico de Madrid. Vol. 43 (2), 383-386.

➤ Velasco Negueruela, A., Pérez Alonso (1990). New data on the chemical composition of essential oils from Iberian thyme species. *Botanica Complutensis*. Vol. 16, 91-97.

➤ Velasco Negueruela, A. Pérez Alonso & A. Burzaco (1991). Aceites esenciales de tomillos ibéricos. VI. Contribución al conocimiento del aceite esencial de *Thymus capitellatus* Hoffmanns. & Link. Anales Jardín Botánico de Madrid. Vol. 49 (1), 77-8.

➤ Venturini, M. E., D. Blanco & R. Oria (2002). In vitro antifungal activity of several antimicrobial compounds against *Penicillium expansum*. *J. Food. Prot.* Vol. 65. 834-839.

➤ Vernet, P. (1977). The composition of the essential oil of *Thymus vulgaris* L.: mode of heritable transmission of three terpenes (thymol, carvacrol and linalol). *C. R. Hebd. Seances Acad. Sci, Ser. D. Sci. Nat.*, Vol. 284 (14), 1289-1292.

➤ Vigo, E., A. Cepeda, O. Gualillo & R. Pérez (2004). In-vitro anti-inflammatory effect of *Eucalyptus globules* and *Thymus vulgaris*: nitric oxide inhibition in J774A.1 murine macrophages. *J. Pharm. Pharmacol.* Vol. 56 (2), 257-263.

➤ Vila, R., G. Vicario, S. Cañigüeral & T. Adzet (1991). Constituents of the essential oil of *Thymus antoninae*. *Planta Medica*. Vol. 57 (8), 90.

➤ Vila, R., B. Freixa, S. Cañigüeral, T. Adzet, X. Tomas & J. J. Molins (1995). Composition and study of the variability of the essential oil of *Thymus funkii* Cousson. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 10 (6), 379-383.

➤ Vokou, D. & N. S. Margaritis (1986). Autoallelopathy of *Thymus capitatus* (volatile oils). *Acta Oecologica Oecologia Plantarum*. Vol. 7 (2), 157-163.

- Vokou, D., M. Tziolas & S. E. R. Bailey (1998). Essential oil mediated interactions between oregano plants and helicide grazer. *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 24 (7), 1187-1202.
- Wallach, O. (1914). Terpene und Campher. Zusammenfassung einiger Untersuchungen auf dem Gebiet der alicyclischen Kohlenstoffverbindungen. 2nd ed. Vit. Leipzig. Germany.
- Wash, S. E., J. Y. Maillard, A. D. Russell, C. E. Catrenich, D. L. Charbonneau & R. G. Bartolo (2003). Development of bacterial resistance to several biocides and effects on antibiotic susceptibility. *J. Hosp. Infect.* Vol. 55, 98-107.
- Weissinger, W. R., K. H. McWatter & L. R. Beuchat (2001). Evaluation of volatile chemical treatments for lethality to *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J. Food Prot.* Vol. 64, 442-450.
- Wiesner, I., F. Volf & J. Novak (1981). Gas-liquid chromatographic taxonomy of some *Thymus* species. *Sbornik Vysoke Skoly Zemedelske v Praze. A*, Vol. 35. 3-10.
- Wiesner, I. & J. Novak (1984). Investigation of chemotypes of *Thymus polegioides* aggr. *Sbornik Vysoke Skoly Zemedelske v Praze. A*, Vol. 41, 45-58.
- Yamaura, T., S. Tanaka & M. Tabata (1989). Light-dependent formation of glandular trichomes and monoterpenes in thyme seedlings. *Phytochemistry*. Vol. 28 (3), 741-744.
- Yamaura, T., S. Tanaka & M. Tabata (1992). Localization of the biosynthesis and accumulation of monoterpenoids in glandular trichomanes of thyme. *Planta Medica*. Vol. 58 (2), 153-158.
- Yang, Y. C., H. Y. Choi, W. Y. Choi, J. M. Clark & Y. J. Ahn (2004). Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anaplura: Pediculidae). *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 52, 2507-2511.

-
- Youdin, K. A. & S. G. Deans (2000). Effect of thyme oil and thymol dietary supplementation on the antioxidant status and fatty acid composition of the ageing rat brain. *Br. J. Nutr.* Vol. 83, 87-93.

 - Yu, D., S. K. Pearson, W. H. Bowen, D. Luo, B. E. Kohut & D. S. Harper (2000). Caries inhibition efficacy of an antiplaque/antigingivitis dentifrice. *Am. J. Dent.* Vol. 13, 14c-17c.

 - Zafra-Polo, M. C., M. A. Blázquez & A. Villar (1988). Variations in the composition of the essential oil from *Thymus leptophyllus* Lange and *Thymus webbianus* Rouy. *Plantes Medicinales et Phytotherapie.* Vol. 22 (3), 189-194.

 - Zafra-Polo, M. C., M. A. Blázquez & A. Villar (1988). Volatile constituents of *Thymus webbianus*. *Plantes Medicinales et Phytotherapie.* Vol. 22 (3), 184-188.

 - Zarzuelo, A., C. Navarro, M. E. Crespo, M. A. Ocete, J. Jiménez & J. Cabo (1987). Spasmolytic activity of *Thymus membranaceus* essential oil. *Phytother. Res. TPR.* Vol. 1 (3), 114-116.

 - Zarzuelo, A., M. M. Cabo, T. Cruz & J. Jiménez (1989). Spasmolytic action on the essential oil of *Thymus longiflorus* Boiss in rats. *Phytother. Res. TPR.* Vol. 3 (1), 36-37.

 - Zheng, W. & S. Y. Wang (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49 (11), 5165-5170.

 - Zucca, T. (1986). Essential oils of wild plant. *Prodotto Chimico e Aerosolo Selezione.* Vol. 27 (1/2), 48-51.

CAPÍTULO 5.
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

5.1. INTRODUCCIÓN

Los consumidores de los países más desarrollados demandan actualmente productos de alta calidad. Por lo tanto aquellas características de un producto que le confieran un valor añadido tales como son la información sobre cualidades beneficiosas para la salud, la escasa manipulación del producto o la inexistencia de aditivos son valoradas muy positivamente (Arnao et al. 2001).

Los productos vegetales aportan a la dieta micronutrientes tales como vitaminas minerales y fibras, además de ofrecer un valor energético. Entre las vitaminas cabe resaltar la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (α -tocoferol) y la vitamina A, en forma de pro-vitamina (β -caroteno) (Johnson, 1995). En los últimos tiempos ha alcanzado una gran relevancia el estudio de otras sustancias metabólicas que además de tener un papel bioquímico y fisiológico específico para la planta, son de gran interés para las industrias farmacéuticas, nutricionales y agroalimentarias. Entre estas sustancias metabólicas encontramos flavonoides, carotenoides, fenoles simples, glucosinatos, etc..., y las podemos encontrar en frutas, verduras, frutos secos, harinas, aceites vegetales, bebidas, infusiones, etc...

Una de las propiedades de algunos de estos productos de metabolismo de las plantas (vitaminas y otras), es la capacidad antioxidante y muchas de las sustancias que poseen esta capacidad han adquirido una relevancia notoria, ya que se ha demostrado su participación en la prevención de enfermedades degenerativas, como las cardiovasculares y neurológicas, diferentes tipos de cánceres y otras disfunciones relacionadas con el estrés oxidativo (Gey et al., 1991; Ames et al. 1993; Harbone, 1994; Riemersma, 1994; Mackerras, 1995; Halliwell, 1996; Duell, 1996; Schwartz, 1996; Halliwell & Gutteridge, 1999; Portari & Manzini-Filho, 2001). Por lo tanto es de interés general medir la capacidad antioxidante de productos vegetales, tales como frutos, verduras y extractos de plantas (Cano et al. 1998).

Podemos definir un antioxidante, de forma general, como una sustancia natural o artificial con capacidad para neutralizar y proteger un sistema biológico frente a

radicales libres, tales como los radicales de oxígeno, los de nitrógeno y los radicales orgánicos (lipídicos, etc.). Estos radicales orgánicos se localizan en los tejidos en gran cantidad cuando el individuo se expone a ciertas condiciones como un estrés oxidativo provocado por dietas inadecuadas o grandes esfuerzos físicos, o también, causadas por atmósferas contaminadas por humos de tabaco y otros combustibles, ozono u óxidos de nitrógeno (Cano et al.1999).

La elevada presencia de los radicales libres en los organismos producen daños oxidativos en el ADN, proteínas y lípidos de las membranas celulares (llamado este último proceso peroxidación de lípidos). Todos estos acontecimientos están íntimamente relacionados con procesos de envejecimiento de tejidos y la aparición de enfermedades (Krinsky, 1989; Ames et al. 1993; Halliwell, 1996; Halliwell & Gutteridge, 1999).

En la actualidad se utiliza, en la industria alimentaria, una serie de técnicas analíticas complejas para disponer de información acerca de los compuestos de naturaleza antioxidante que poseen los alimentos. Dichas técnicas separan y purifican los compuestos de interés. La metodología empleada en esos casos es costosa tanto en dinero como en tiempo, y no muestra el potencial antioxidante de un producto vegetal, puesto que son muchos y muy variados los componentes que pueden contribuir a la capacidad o actividad antioxidante. Además, pueden darse efectos de sinergismo o antagonismo entre los componentes de la muestra vegetal estudiada y, por lo tanto, la actividad de la muestra no coincidiría con suma de las acciones producidas por las sustancias aisladas. Todos estos problemas unidos a las restricciones en la utilización de antioxidantes artificiales por parte de la legislación alimentaria vigente han promovido un mayor interés por la medida de de la denominada “actividad antioxidante” que pueda presentar un determinado alimento (Palozza & Krinsky, 1992; Miller et al. 1995; Halliwell, 1996).

La denominada medida “actividad antioxidante” puede considerarse un parámetro que cuantifica la capacidad de una sustancia biológica compleja, o de un producto natural o artificial, para captar radicales libres. De esta forma se podrá definir la

actividad antioxidante como una característica global de un producto en cuestión, independientemente de la composición que éste posea. Por lo tanto, este parámetro podrá ser utilizado para la caracterización de un producto y su evaluación a través del procesado industrial o de su almacenamiento, e incluso formar parte de su control de calidad. Así, diversos autores han centrado sus estudios en la evaluación de la actividad antioxidante total (AAT) de muestras biológicas (Waynet et al. 1985; Helliwell & Gutteridge, 1990; Stanley & Mogg, 1995).

Los métodos que se han ido empleando en la medida de la actividad antioxidante de productos alimenticios son análisis relativamente simples, basados en medir la inhibición de una cierta reacción en presencia de un antioxidante. Entre ellos son usados con más frecuencia los métodos que conllevan la generación de compuestos tipo radical libre (free radical type compounds), en los cuales la presencia de antioxidantes causan la desaparición de radicales (Rice-Evans & Millar, 1994). Dos de los métodos que aplican el concepto anterior y que son de los más usados son el Método TRAP (total reactive antioxidant potential) (Wayner et al. 1985) y sus métodos modificados (Metsa-Ketela, 1991; Lissi et al. 1995), y el llamado Método ORAC (oxygen radical absorbance capacity) (Cao et al. 1993).

Más recientemente Millar et al. (1993) propusieron un nuevo método, Método ABTS (ferrylmyoglobin/2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid), para medir la actividad antioxidante total (ATT) de sustancias puras en muestras de fluidos corporales y en material vegetal. Este método consiste en la oxidación del ABTS produciendo el denominado radical catión $ABTS^{*\cdot+}$ que se caracteriza por ser una excelente herramienta para determinar la actividad antioxidante de agentes donadores de hidrógeno (captadores de radicales en fase acuosa) y de agentes rompedores de cadena (captadores de radicales lipídicos peroxilo). Trabajos posteriores (Rice-Evans & Miller, 1994; Miller et al. 1995; Rice-Evans et al. 1995; 1996; Miller & Rice-Evans, 1996) han demostrado que el radical $ABTS^{*\cdot+}$ puede ser usado para medir la actividad antioxidante de una amplia diversidad de sustancias tales como el ácido ascórbico, glutatión, ácido úrico, albúmina, bilirrubina, cisteína, BHT, γ -tocoferol, ácidos fenólicos, flavonoides, o catequinas.

Arnao et al. (1996) propusieron un método de medida de la actividad antioxidante basado en la producción de un sistema enzimático constituido por una peroxidasa, su sustrato oxidado (peróxido de hidrógeno) y el cromóforo ABTS. Este sistema enzimático producirá el radical $ABTS^{*+}$. El método se basa en la capacidad de las sustancias antioxidantes para revertir la reacción antes mencionada y por lo tanto la eliminación del radical $ABTS^{*+}$.

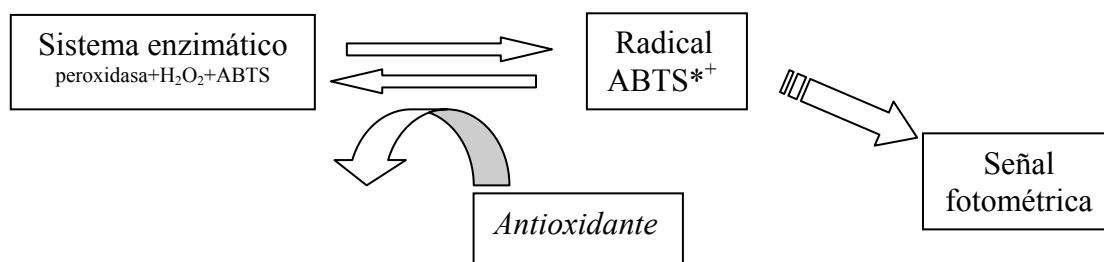


Figura 1. Esquema general de reacción para estimar la actividad antioxidante utilizando compuestos cromóforos de naturaleza radical.

Posteriormente este método fue modificado ligeramente (Cano et al. 1998). Se mantenía la formación del sistema enzimático (ABTS/ H₂O₂/Peroxidasa), pero la diferencia estriba en que la sustancia antioxidante es incorporada cuando la reacción del sistema enzimático ha finalizado. De ahí su nombre: Método de punto y final (End-point method).

Este método ha sido utilizado con posterioridad para medir la actividad antioxidante de un número importante de sustancias tales como zumos de limón, naranja, pomelo, mandarina, manzana, tomate (Cano et al. 1999), diferentes tipos de sopas tales como gazpacho o sopas de tomates (Arnao et al. 2000a), vinos (Arnao, 2000b) y pigmentos de hojas de cebada, avena y cítricos (Arnao et al. 2001).

En las últimas décadas se han iniciado investigaciones científicas encaminadas al estudio de la actividad antioxidante de las especies. Este nuevo campo de búsqueda del conocimiento, que pretende descubrir los mecanismos que proporcionan actividad antioxidante a estos productos, está emergiendo con fuerza (Madsen, 1997). La posibilidad de que algunos antioxidantes artificiales empleados (BHT, BHA...) en la

industria alimentaria y cosmética para prevenir la oxidación de grasas y aceites tuvieron efectos tóxicos y la preferencia de los consumidores por productos naturales también han promovido la investigación de muchos antioxidantes naturales, entre ellos los aceites esenciales de las especias (Cuvelier, 1996).

Varios han sido los métodos empleados para medir la capacidad antioxidante de las especias y de extractos de ellas, como los aceites esenciales.

Algunos de estos métodos se basan en la capacidad que poseen ciertos elementos para impedir o retrasar la oxidación en un producto con tendencia a ser oxidado. Esta disminución de los procesos oxidativos podrán ser cuantificados por el llamado Aparato Rancimat (Richheimer et al. 1999; Simandi et al. 2001; Triantaphyllou et al. 2001).

En algunos trabajos se ha identificado la presencia de la actividad antioxidante de extractos de plantas en aceite de colza (Weel et al. 1999; Bandoniene et al. 2000,2001; Dauksas et al. 2001) o en aceite de girasol (Miguel et al. 2003).

Otro método utilizado para cuantificar la actividad antioxidante aplica el denominado ensayo del Ácido Tiobarbitúrico (TBARS assay), el cual determina la peroxidación lipídica. Dicho método ha sido modificado para ser aplicado en la medida de la actividad antioxidante de extractos vegetales (Baratta et al. 1998a, 1998b; Lionis et al. 1998; Dorman et al. 2000a; McCarthy et al. 2001).

La desaparición de metil linaleato bajo fuertes condiciones de oxidación, Método Cuvelier, ha sido aplicada para medir la actividad antioxidante de extractos de labiadas (Cuvelier et al. 1994,1996; Kahkonen et al. 1999; Miura et al. 2002)

Es conocido la capacidad de las sustancias antioxidantes para captar radicales libres. Esta propiedad es aplicada en trabajos que valoran la capacidad antioxidante de los aceites esenciales mediante la formación de radicales libres, como es el caso del radical DPPH (radical diphenylpicrylhydrazyl), y la eliminación de estos a manos de dichos aceites (Lamaison et al. 1990,1991a,1991b; Yagi & Haraguchi, 1997; Lee et al.

1999; Lu & Foo, 2001; Dapkevicius et al. 2002; Vardar-Unlu et al. 2003; Ismaili et al. 2004; Tepe et al. 2004).

Con una metodología similar a la anterior (Método TRAP), donde el radical formado es el radical ABTS^{*+} (2,2'-azino-bis-(3-etylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)) se ha podido evaluar la actividad antioxidante de aceites esenciales (Dorman et al. 2000).

El Método ORAC (oxygen radical absorbance capacity), que como dijimos con anterioridad es uno de los métodos más usados para medir la actividad antioxidante de productos alimenticios, también se ha empleado en cuantificar la actividad antioxidante de extractos de especias (Zheng & Wang, 2001).

La confirmación por parte de estos muy diversos ensayos, de que los aceites esenciales poseen actividad antioxidante han promovido los trabajos in vivo, donde se ha observado la acción terapéutica de estas sustancias sobre diversos tejidos (Recsan et al. 1997; Youdim & Deans, 1999a, 1999c, 2000; Botsoglou et al. 2002; Dursun et al. 2003; Ismaili et al. 2004). Es relevante señalar que no siempre existe una convergencia entre los resultados in vitro e in vivo debido a los complejos procesos de absorción de una determinada sustancia por parte de un organismo, por lo que será necesario estudios en ambas direcciones (Galvao & Manzini-Filho, 2001)

En lo que se refiere al estudio de la actividad antioxidante de los tomillos (Tabla 1) decir que existe un número importante de trabajos, si tenemos en cuenta que éstos se han iniciado en la década de los 90. Pero la mayoría de los trabajos han sido realizados con material de la especie *Thymus vulgaris*, por ser ésta la especie más comercializada de este grupo de plantas.

Existen algunos trabajos que valoran la capacidad antioxidante de especies que se encuentran presentes en Extremadura. Son los casos de *Thymbra capitata* (Lionis et al. 1998; Miguel et al. 2003), *Thymus mastichina* (Miguel et al. 2003) y *Th. zygis* (Jiménez

et al. 1993), aunque el material analizado no proviene en ningún caso de la región extremeña.

La valoración de la actividad antioxidante de todos estos trabajos se realiza en un material recolectado en un momento concreto del ciclo vegetativo y los métodos de extracción han sido muy diversos. Estos datos son de gran interés porque la composición química de los aceites esenciales varía a lo largo del ciclo vegetativo de la planta y se ven modificados por los métodos de extracción, entre otros muchos factores (climáticos, edáficos...) (Bruneton, 2001), y esto puede afectar a la actividad que posea este extracto.

Por todo lo anterior, se plantearon como objetivos para el presente trabajo los siguientes:

- Cuantificar la actividad antioxidante del aceite esencial de tomillo mediante un nuevo método.
- Estudiar la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Thymbra capitata*, *Thymus mastichina* y *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* en los estados de floración y fructificación.
- Estudiar las posibles diferencias interpoblacionales mediante la actividad antioxidante.
- Analizar la posible relación entre la composición química de un aceite esencial y su actividad antioxidante.

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Tabla 1. Antecedentes bibliográficos de la actividad antioxidante de los aceites esenciales de tomillos. En negrita especies presentes en Extremadura.

Taxon	Procedencia del material	Objetivos del estudio	Autor (año)
General	Egipto	Actividad antioxidante de aceite esencial de especias	Farag et al. (1989)
General	Polonia	Propiedades antioxidantes de labiadas	Korczak et al. (1990)
General	Francia	Actividad antioxidante de lamiaceas	Lamaison et al. (1991a,b)
General	Francia	Actividad antioxidante de extractos de plantas	Chevolleau et al. (1992)
General	Reino Unido	Actividad antioxidante y antimicrobiana de deferentes especies	Deans et al. (1992)
General	Yugoslavia	Efecto antioxidante de extractos de plantas en sebo y manteca de cerdo	Budincevic et al. (1995)
General	Eslovaquia	Efecto antioxidante de extractos fenólicos	Takacsova et al. (1995)
General	Reino Unido	Actividad antiviral y antioxidante de extractos herbaceos	Aruoma et al. (1996)
General	Reino Unido	Bioactividad de plantas de Nueva Zelanda	Lis-Balchin et al. (1996)
General	Alemania	Compuestos antioxidantes de tomillos	Schwarz et al. (1996)
General	Dinamarca	Actividad antioxidante de especias y extractos de especias	Madsen et al. (1997)
General	Hungría	Efecto terapéutico de los aceites esenciales	Recsan et al. (1997)
General	Grecia	Efectos antioxidantes de especias de Creta.	Lionis et al. (1998)
General	Egipto	Inhibición de la oxidación en alimentos almacenados	Alim et al. (1999)
General	Reino Unido	Retardo de la autoxidación en aceite vegetal por diferentes antioxidantes	Youdim et al. (1999b)
General	Dinamarca	Plantas culinarias con propiedades antioxidantes	Justesen & Knuthsen (2001)
General	EE.UU	Actividad antioxidante y compuestos fenólicos	Zheng & Wang (2001)
Thymbra capitata	Grecia	Efecto antioxidante de hierbas	Lionis et al. (1998)
Thymbra capitata	Portugal	Valoración de la actividad antioxidante de aceites esenciales	Miguel et al. (2003)
Thymus albicans	Portugal	Valoración de la actividad antioxidante de aceites esenciales	Miguel et al. (2003)
Thymus broussonetii	Marruecos	Actividad antioxidante de extractos de tomillo	Ismaili (1988)
Thymus broussonetii	Marruecos	Aceite esencial como antioxidante natural para el aceite de oliva	Charai et al. (1999)
Thymus carnosus	Portugal	Composición de aceite esencial y valuación de la actividad antioxidante	Miguel et al. (2003)
Thymus eigii	Turquía	Actividad antimicrobiana y antioxidante de aceite esencial y de extractos	Tepe et al. (2004)
Thymus kotschyanus	U.R.S.S.	Composición química y propiedades farmacológicas y toxicológicas	Kulieva et al. (1979).
Thymus mastichina	Portugal	Valoración de la actividad antioxidante de aceites esenciales	Miguel et al. (2003)
Thymus pectinatus	Turquía	Actividad antimicrobiana y antioxidante del aceite esencial	Valdar-Unlu (2003)
Thymus satureioides	Marruecos	Actividad anti-inflamatoria(in vivo) y antioxidante(in vitro) de extractos	Ismaili et al. (2004)
Thymus vulgaris	Japón	Capacidad antimutagénica de extractos acuosos de diferentes vegetales	Ueda et al. (1991)
Thymus vulgaris	Inglaterra	Actividad antioxidante del aceite esencial	Deans et al. (1993)
Thymus vulgaris	Italia	Actividad antimicrobiana y antioxidante de especias mediterráneas	Piccadaglia et al. (1993)
Thymus vulgaris	Reino Unido	Actividad antioxidante de los aceites esenciales	Dorman et al. (1995)
Thymus vulgaris	Yugoslavia	Fuente de antioxidantes lipídicos naturales	Picuric-Jovanovic et al. (1995)
Thymus vulgaris	Italia	Actividad antioxidante y microbiana de los aceites esenciales	Battistutta et al. (1996)
Thymus vulgaris	Japón	Actividad antioxidante de componentes de los aceites esenciales	Haraguchi et al. (1996)
Thymus vulgaris	Grecia	Estabilidad oxidativa de yemas de huevo	Botsoglou et al. (1997)
Thymus vulgaris	Canada	Disminución del efecto de las radiaciones	Lacroix et al. (1997)
Thymus vulgaris	EE.UU	Inhibición de la oxidación en cultivo celular	Pearson et al. (1997)
Thymus vulgaris	Japón	Efecto protector de de los terpenos sobre el estrés oxidativo	Yagi & Haraguchi (1997)
Thymus vulgaris	Lituania	Actividad antioxidante de extractos de plantas	Dapkevicius et al. (1998)
Thymus vulgaris	España	Interés antioxidante para la industria alimentaria	Guillén & Manzanos (1998)
Thymus vulgaris	EE.UU	Actividad antimicrobiana y antioxidante de fenoles. Metabolismo	Kwok & Shetty (1998)
Thymus vulgaris	Austria	Acción de las especies sobre los alimentos	Murkovic et al. (1998)
Thymus vulgaris	EE.UU	Identificación de antioxidantes	Wang et al. (1998)
Thymus vulgaris	Reino Unido	Efectos de los aceites esenciales en cultivos celulares	Youdin & Deans (1999a)
Thymus vulgaris	Reino Unido	Actividad antioxidante de aceites esenciales y de compuestos sintéticos	Dorman et al.(2000)
Thymus vulgaris	Japón	Actividad antioxidante de compuestos presentes en los aceites esenciales	Nakatani (2000)
Thymus vulgaris	Hungría	Actividad antioxidante de extractos de tomillo	Simandi et al. (2001)
Thymus vulgaris	Holanda	Actividad antioxidante del aceite esencial	Dapkevicius et al. (2002)
Thymus vulgaris	Japón	Actividad antioxidante de compuestos químicos de aceites esenciales	Miura et al. (2002)
Thymus vulgaris	Italia	Propiedades funcionales de los aceites esenciales. Actividad antioxidante	Sacchetti et al. (2004)
Thymus zygis	España	Actividad antioxidante del aceite esencial. Trabajos in vivo en ratón	Jiménez et al. (1993)

5.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Características del material estudiado

Los materiales analizados fueron los aceites esenciales de *Thymbra capitata*, *Thymus mastichina* y *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* procedentes de la destilación por arrastre de vapor de las poblaciones silvestres extremeñas recolectadas en el 2002. Dichas recolecciones fueron realizadas en dos estados diferentes de las plantas. Concretamente en el estado de floración y en el estado de fructificación (ver Tabla 2).

Tabla 2. Procedencia del material silvestre estudiado. Se indica provincia, localidad, coordenadas UTM, tipo de hábitat, clima (vd. Rivas-Martínez, 1987; Tormo et al., 1995), fecha de siega, legit. Testimonios en el Herbario HSS (Badajoz, España).

<p><i>Thymbra capitata</i> -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera y explotación porcina. Mesomediterráneo. 9-07-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Margen de carretera y explotación porcina. Mesomediterráneo. 6-09-2002. J. Blanco & A.B. Lucas.</p>
<p><i>Thymus mastichina</i> -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adhesionado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 26-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Alconera. 29SQC15. Encinar adhesionado y zona de extracción de roca caliza. Mesomediterráneos. 6-09-2002. J. Blanco & D. Martín. -Cáceres: Alía. 30SUJ06. Encinar adhesionado. Mesomediterráneo. 8-06-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Alcornoque adhesionado. Mesomediterráneo. 28-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Cáceres: Aliseda. 29SPD96. Alcornoque adhesionado. Mesomediterráneo. 3-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 21/8/2002. J. Blanco. -Cáceres: La Garganta. 30TTK66. Supramediterráneo. 11-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares más o menos abandonados. Mesomediterráneo. 27-05-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Cáceres: Cáceres. El Portanchito. 29SQD27. Entre olivares más o menos abandonados. Mesomediterráneo. 3-09-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adhesionado sobre pendiente. Mesomediterráneo. 22-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Santo Domingo. 29SPC68. Encinar adhesionado sobre pendiente. Mesomediterráneo. 12-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 13-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 7-08-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar. Mesomediterráneo. 9-07-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Badajoz: Villafranca de los Barros. 29SQC37. Tomillar y cantuesar. Mesomediterráneo. 6-09-2002. J. Blanco & D. Martín.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>gracilis</i> -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Badajoz. Ctra. Campo Maior. 29SPD70. Matorral sobre afloramiento basófilo. Mesomediterráneo. 21-08-2002. J. Blanco.</p>
<p><i>Thymus zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i> -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 3-06-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: La Albuera. 29SPC88. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 14-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 31-05-2002. J. Blanco. -Badajoz: Guadajira. 29SPD90. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 12-08-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 13-05-2002. J. Blanco & D. Martín. -Badajoz: Los Santos de Maimona. 29SQC25. Pinar de <i>Pinus pinea</i> L. Mesomediterráneo. 7-08-2002. J. Blanco & J. Pozo. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 19-04-2002. J. Blanco & F.M. Vázquez. -Badajoz: Solana de los Barros. 29SQC18. Tomillar sobre ladera. Mesomediterráneo. 14-08-2002. J. Blanco & J. Pozo.</p>

El método de obtención de los aceites esenciales fue la hidrodestilación y la composición cualitativa y cuantitativa de sus componentes se obtuvo mediante el análisis con cromatografía de gases (ver Material y Método del capítulo 4). Los datos obtenidos aparecen en la Tabla 3.

Una vez realizada la destilación los aceites esenciales fueron deshidratados con Na_2SO_4 , introducidos en viales de 10 ml y almacenados a 0° C.

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Tabla 3. Componentes identificados de los aceites esenciales de *Thymbra capitata*, *Thymus mastichina*, *Th. zygis* subsp. *gracilis* y *Th. zygis* subsp. *sylvestris* recolectados en el año 2002 en los estados de floración y fructificación. Para cada componente se presenta su porcentaje respecto al total. %Total = porcentaje de componentes identificados respecto al total.

<i>Thymus mastichina</i>																		
Población	Alconera		Alía		Aliseda		Badajoz		La Garganta		El Portancho		Santo Domingo		Los Santos de Maimona		Villafranca de los Barros	
	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación
Estado	0.20	0.17	0.32	0.56	0.21	0.58	0.58	4.17	4.00	4.29	4.31	4.20	5.65	0.19	3.02	4.18	0.58	4.44
α -pineno	5.45	3.35	3.84	4.40	4.48	2.20	2.50	1.45	1.63	2.11	0.80	0.63	0.28	0.63	0.28	0.63	0.42	0.42
camfeno	0.15	0.12	0.55	2.63	2.63	2.03	3.07	2.03	1.37	1.62	2.77	1.62	2.70	2.11	1.52	3.37	1.61	1.61
sabineno	4.15	1.24	2.53	6.31	6.31	7.80	7.34	7.34	5.64	7.15	6.32	7.55	9.02	5.25	5.40	8.08	7.97	7.97
β -mirceeno	10.10	5.41	7.16	6.30	6.30	73.33	73.33	73.33	73.20	73.53	73.90	73.90	70.50	71.80	80.20	73.70	72.01	72.01
limoneno+1,8-cineol	68.64	79.57	74.20	71.57	71.57	0.60	0.73	0.47	0.58	0.50	0.65	0.67	0.67	0.67	0.67	0.54	0.88	0.88
γ -terpineno	t	0.71	0.46	0.35	0.70	t	t	t	t	t	t	0.80	0.20	0.64	t	0.40	t	t
terpinoleno	t	t	0.31	0.64	0.15	t	t	t	t	t	t	0.85	0.70	4.59	0.67	0.73	2.00	2.00
linalol	1.50	0.97	0.84	2.51	0.90	0.89	0.89	0.60	0.95	1.26	0.65	0.85	0.70	4.59	0.67	0.73	2.00	2.00
borneol	t	t	0.23	2.19	1.55	t	t	0.70	0.70	t	t	t	t	t	t	t	t	t
terpinen-4-ol	2.15	2.04	2.73	3.80	3.95	1.93	2.56	4.98	3.75	4.10	2.10	2.10	2.01	2.48	2.54	1.93	2.50	2.50
terpineol	0.75	1.35	0.91	1.17	1.17	0.80	1.06	1.27	0.87	0.95	1.04	1.04	1.04	0.82	1.05	0.82	1.38	1.38
α -terpineol	5.84	5.07	5.42	4.02	4.68	4.90	6.28	2.74	4.45	4.31	4.20	5.10	6.66	4.29	5.22	5.30	5.30	5.30
% Total	98.93	100.00	99.50	99.65	100.00	97.97	98.66	99.99	100.00	98.91	98.93	97.50	99.99	98.97	100.00	99.99	98.97	99.09

<i>Thymus zygis</i>													
subsp.	subsp. <i>gracilis</i>		subsp. <i>sylvestris</i>		Guadajira		Los Santos de Maimona		Solana de los Barros				
	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación	floración	fructificación			
Estado	0.36	0.39	1.07	0.93	0.96	1.09	0.93	0.86	1.08	1.08			
α -pineno	1.34	1.13	2.27	1.98	2.82	2.70	2.35	2.02	2.48	2.48			
camfeno	0.46	1.00	3.00	3.24	6.20	1.95	4.40	2.98	3.95	3.95			
β -pineno	0.29	t	t	t	t	0.97	t	t	0.32	0.32			
sabineno	2.93	1.21	2.52	1.89	2.19	4.21	2.19	2.36	2.36	2.36			
β -mirceeno	2.09	0.78	1.36	t	t	1.06	t	1.58	0.54	0.54			
limoneno+1,8-cineol	23.80	30.73	33.98	43.31	31.34	16.40	40.40	20.33	37.81	37.81			
γ -terpineno	t	t	1.55	4.86	5.67	6.87	5.78	1.23	4.63	4.63			
cis β -ocimeno	11.40	4.31	13.27	4.67	5.78	9.75	2.82	13.74	3.86	3.86			
γ -terpineno	1.83	1.44	4.77	5.34	9.62	11.18	12.30	7.09	4.14	4.14			
linalol	0.63	1.44	1.34	2.35	1.77	4.27	5.70	1.56	1.74	1.74			
borneol	1.02	0.79	2.95	4.26	5.42	2.25	t	2.46	5.48	5.48			
terpinen-4-ol	t	t	0.71	0.78	t	0.78	0.76	t	0.79	0.79			
α -terpineol	t	t	t	t	1.00	0.60	1.34	t	0.56	0.56			
nerol	49.45	55.24	29.49	23.81	32.42	14.32	18.81	41.04	27.23	27.23			
timol	3.45	0.97	1.71	1.86	1.60	1.21	1.91	1.92	2.28	2.28			
carvacrol	0.92	t	t	t	t	t	t	0.83	t	t			
t-cariofileno	99.97	99.43	99.99	99.28	99.44	99.11	98.29	100.00	99.25	99.25			
% Total	99.97	99.43	99.99	99.28	99.44	99.11	98.29	99.69	100.00	99.25			

<i>Thymbra capitata</i>		
Población	floración	fructificación
Estado	0.79	0.85
α -pineno	0.90	0.97
camfeno	1.78	1.57
β -mirceeno	1.08	0.95
α -terpineno	7.72	8.21
p -cimeno	3.84	3.70
γ -terpineno	2.67	2.08
linalol	t	t
terpinen-4-ol	0.84	0.80
α -terpineol	79.13	79.32
carvacrol	1.24	1.46
β -Cariofileno oxidado	99.99	100.00
%Total	99.99	100.00

Aparatos

Espectrofotómetro: UV-2401 PC marca Shimadzu: Se utiliza cubeta de 1 cm de ancho.

Controlador de temperatura: CPS CONTROLLER marca Shimadzu. T^a de trabajo 30°C.

PC con programa de cinética: UV-2401 PC Kinetics

Agitador: Agimatic-s marca P-Selecta

Balanza de precisión: marca Mettler Toledo.

Reactivos

- Etanol acidificado: Se añade en un eppendorf 10 µl de H₂PO₄ y 1ml H₂O. De esta disolución se toma 25 µl y se lleva a 50 ml de etanol 96 v/v. Se conserva en frigorífico.

- Peroxidasa tipo VI (POD) 10⁻⁴ M: Se pesa 0,004 g y se añade a 1ml de H₂O (agua milicú) en un eppendorf y se conserva en frigorífico.

- H₂O₂ 0,1 M: Se mide el valor de la absorbancia a 240 nm del producto comercial. Teniendo en cuenta que el $\epsilon_{240} = 43,6 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ se calcula la concentración de partida y se diluye hasta 0,1 M. Se conserva en frigorífico.

- ABTS*⁺ Radical orgánico: Se pesa 0,01 gr. de ABTS (2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)) (A-1888, SIGMA), se añade 12,5 ul de H₂O₂ 0,1 M y 20 ul de POD 10⁻⁴ M y se enrasa hasta 25 ml con etanol acidificado. Mantener en agitación, preservado de la luz. La absorbancia de esta disolución a 730 nm debe estar en torno a 1,2 (verificar todos los días). En el caso de que disminuya la absorbancia se

añade 2 μl de H_2O_2 y se agita, asegurándonos de que todo el radical está formado y es estable. Se conserva en el frigorífico.

- Trolox 2mM: Se pesa 50mg y se lleva hasta 10ml de etanol acidificado.

Método

La técnica utilizada por nosotros para medir la actividad antioxidante de los aceites esenciales estuvo basada en el denominado Método de punto y final (End-point method) propuesto por Cano et al. (1998) y que posteriormente fue modificada para la medida de la actividad antioxidante lipófila (Cano et al. 2000).

Arnao et al. (2001) aplicó este método en tres sopas vegetales, para lo cual tuvieron que separar las muestras en fracción hidrófila y fracción lipófila y así obtener la actividad antioxidante de cada fracción (AAH y AAL), que sumada permitió obtener la actividad antioxidante total (AAT) de ese producto. En nuestro caso, ya disponíamos de una muestra lipófila por lo que no tuvimos que fraccionar la muestra y únicamente se tuvo que evaluar la actividad antioxidante lipófila (AAL).

Este método se fundamenta en la reacción que se da al situar ABTS (reactivo incoloro) en presencia de Peroxidasa/ H_2O_2 , estableciéndose un equilibrio con su radical $\text{ABTS}^{*\cdot}$ (cromóforo de color azul intenso). Al añadirse al radical $\text{ABTS}^{*\cdot}$ alguna sustancia antioxidante la reacción antes mencionada se revierte. De esta forma, la disminución de absorbancia del radical $\text{ABTS}^{*\cdot}$ en presencia de una muestra se utilizará como indicativo de la capacidad antioxidante que ésta posea.

Es primordial que las concentraciones de los reactivos sean las adecuadas para la estabilidad del radical $\text{ABTS}^{*\cdot}$ (ver reactivos). El $\text{ABTS}^{*\cdot}$ debe estar en un recipiente color topacio y con una mosca para poder ser removido por un agitador durante el periodo de experimentación diario. Una vez finalizado el experimento diario el $\text{ABTS}^{*\cdot}$ se guardará en el frigorífico.

Como patrón antioxidante se utiliza Trolox, que es un análogo de la vitamina E soluble tanto en medio acuoso como orgánico. Estequiométricamente 1 mol de Trolox reduce a 2 moles de ABTS. Para verificar esta proporción se determina la recta de calibrado cada vez que se hagan reactivos nuevos.

Preparación de la recta de calibrado

A partir de la disolución de Trolox 2 mM se preparan disoluciones de 0.2 mM, 0.4mM, 1.0 mM, 1.4 mM y 2 mM en etanol acidificado.

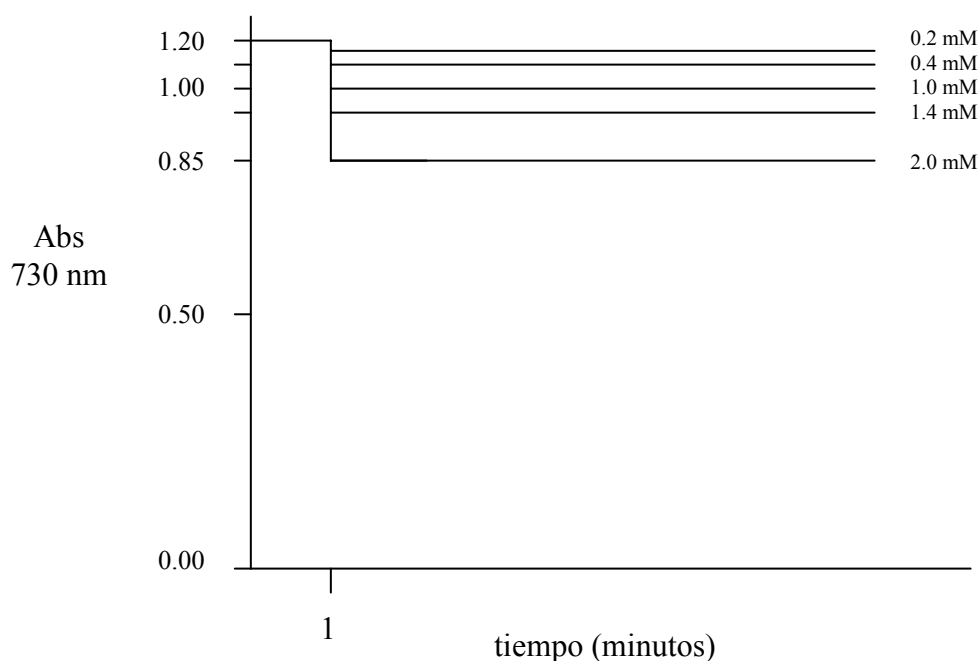


Figura 2. Descenso de absorbancia a 730nm cuando se adicionan disoluciones 0.2 mM, 0.4mM, 1.0 mM, 1.4 mM y 2 mM de Trolox en etanol ácido al radical ABTS*⁺.

Para obtener la recta patrón se introduce 1 ml de la disolución del radical ABTS*⁺ en una cubeta de cuarzo de 1 cm de paso de luz y pared gruesa. La cubeta se coloca en el espectrofotómetro, al cual está adaptado a un ordenador que posee un programa de cinética. Durante 1 minuto se deja estabilizar la medida y justo en ese momento se anota el valor de absorbancia a 730 nm. A continuación, a la misma cubeta se le añaden 20 μ l

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

de etanol acidificado, se agita perfectamente y se sigue registrando la medida de la absorbancia hasta el minuto 6. La diferencia de absorbancia del minuto 1 al 6 después de añadir el etanol acidificado será nuestro cero. De la misma forma se procede con cada uno de los patrones anotando cada medida de diferencia de absorbancia entre el minuto 1 y el 6 (Figura 2)

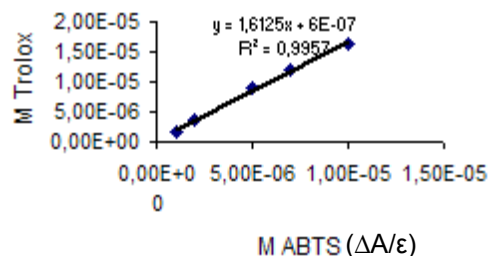
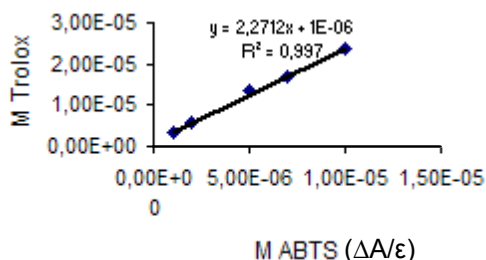
Fue necesaria la producción de dos ABTS^{*+}, uno para las muestras de *Th. mastichina* y otra para *Th. zygis* y *Thymbra capitata*, y por lo tanto se tuvieron que hacer dos rectas de calibrado (figura 3 y 4).

Figura 3. Recta patrón para *Th. mastichina*

M TROLOX	M Trolox en la cubeta	ΔA_{730nm}	M ABTS ($\Delta A/\epsilon$)
2.00E-03	9.95E-06	0.347	2.35E-05
1.40E-03	6.97E-06	0.253	1.72E-05
1.00E-03	4.98E-06	0.197	1.34E-05
4.00E-04	1.99E-06	0.083	5.63E-06
2.00E-04	9.95E-07	0.048	3.25E-06

Figura 4. Recta patrón para *Th. zygis* y *Thymbra capitata*

M TROLOX	M Trolox en la cubeta	ΔA_{730nm}	M ABTS ($\Delta A/\epsilon$)
2.00E-03	9.95E-06	0.239	1.62E-05
1.40E-03	6.97E-06	0.178	1.21E-05
1.00E-03	4.98E-06	0.134	9.08E-06
4.00E-04	1.99E-06	0.055	3.73E-06
2.00E-04	9.95E-07	0.027	1.83E-06



Medida de la actividad antioxidante lipófila de los aceites esenciales de tomillos

A diferencia del patrón Trolox, donde al añadirlo al radical ABTS^{*+} se produce una bajada drástica de la absorbancia al instante, las muestras de aceites esenciales, que son sustancias complejas que pueden llegar a tener más de 200 componentes, producen una disminución progresiva (Figura 5). Así, al añadir el aceite esencial se produce una bajada más o menos rápida de la absorbancia, que irá disminuyendo, hasta su estabilización, al ir transformándose el radical ABTS^{*+} en ABTS (incolore).

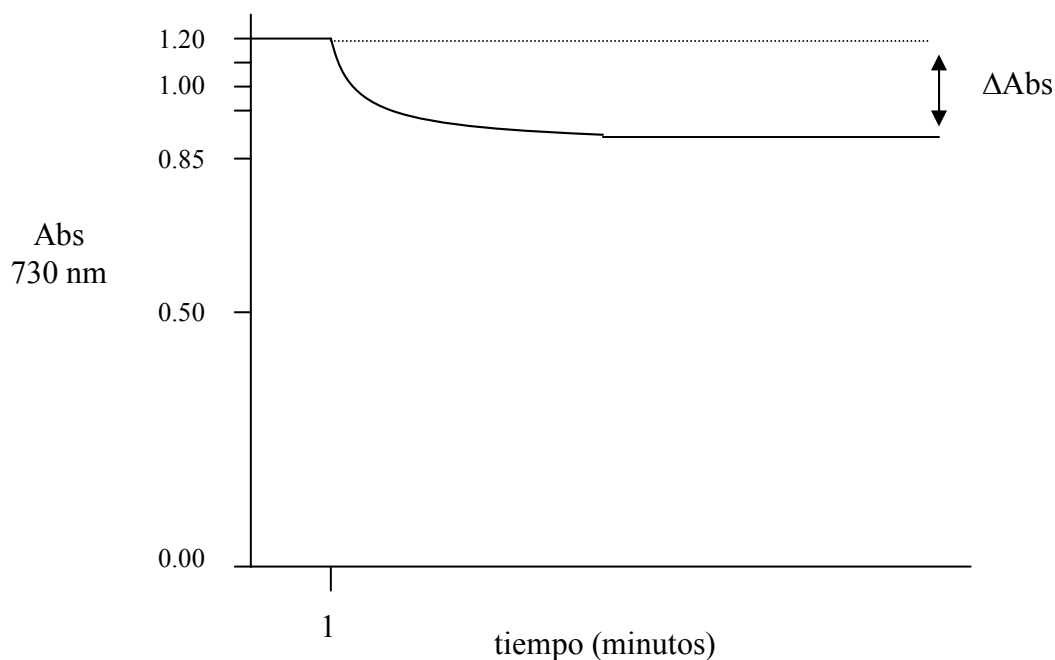


Figura 5. Descenso de absorbancia a 730nm cuando se adiciona una muestra compleja (en nuestro caso aceite esencial de tomillo) al radical ABTS*⁺.

Se desea medir esta disminución de absorbancia en los aceites esenciales en 20 minutos, por lo que la estabilización antes mencionada se debe dar antes de esos 20 minutos. Para ello se probaron diferentes alícuotas de aceite esencial. Para *Thymus mastichina* se observó que 2 μ l de aceite esencial eran los adecuados para medir el incremento de absorbancia. Sin embargo para *Th. zygis* y *Thymbra capitata* es necesario realizar diluciones (utilizando para ello etanol acidificado) para poder medir en 20 minutos el incremento de absorbancia. Concretamente será necesario diluir 400 veces el aceite de ambas especies.

Una vez seleccionada la alícuota para cada especie a estudio se realiza la medida de la diferencia de absorbancia procediendo de igual manera que para los patrones. Es decir, se mide la absorbancia de la cubeta que contiene 1 ml del radical ABTS*⁺ durante 1 minuto para comprobar que esté estable, se añaden los 2 μ l de aceite (puro o diluido), a la misma cubeta agitándose perfectamente, y posteriormente se mide la diferencia de absorbancia del minuto 1 al 20.

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

El procedimiento de medida de la diferencia de absorbancia se repite 4 veces para cada muestra analizada, desechando el ABTS con la alícuota anteriormente utilizado y limpiando la cubeta con ABTS*⁺.

Sabiendo que la absorbancia equivale a,

$$Abs = \varepsilon \cdot C \cdot L;$$

donde,

- C= concentración en la cubeta
- AAL= Actividad antioxidante lipófila
- L = Distancia que viaja la luz a través de la muestra. En nuestro caso 1 cm
- ε = coeficiente de extinción molar

podemos averiguar la concentración en la cubeta:

$$C = \frac{Abs}{\varepsilon \cdot L}$$

$$C = AAL = \frac{\Delta A_{730nm}}{14750} \cdot \frac{mol}{l} \cdot ABTS \cdot \frac{1molTrolox}{pendiente} \cdot \frac{250.29grTrolox}{1molTrolox} \cdot \frac{1000mgrTrolox}{1grTrolox} \cdot \frac{(Vol.cubeta)}{Vol.alicuota} ml$$

- ΔA_{730nm} = absorbancia de cubeta inicial con ABTS*⁺ menos absorbancia de cubeta a los 20 minutos de haberse añadido al ABTS*⁺ la alícuota.
- ε ABTS 730 nm = 1475 M⁻¹cm⁻¹ confirmar que es el valor del ABTS*⁺ y que se ha hecho para nuestro espectrofotometro
- PM Trolox = 250.29
- Vol. cubeta = Vol. ABTS*⁺ + Vol. alicuota
- Vol. radical ABTS*⁺ = 1ml
- Vol. alícuota = 2 μ l
- pendiente = pendiente obtenida en la recta de calibrado de los patrones de Trolox, que nos da la equivalencia de los moles de Trolox con los moles de ABTS*⁺.

Análisis estadístico

El análisis estadísticos se realizó mediante el paquete SPSS (v.11.0) para Windows.

Previo a la evaluación de contraste entre variables se procedió a determinar la distribución que seguían cada una de las variables en estudio con el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. En buena parte de los casos las variables no se ajustan a una distribución normal. Por ese motivo los test de contrastes realizados han sido de tipo no paramétricos.

Para los datos obtenidos de actividad antioxidante lipófila (AAL) los tests empleados fueron los siguientes:

- Tests de Kruskal-Wallis, test Mann-Witney y análisis de Cluster utilizados para conocer las posibles diferencias entre las especies y entre poblaciones dentro de una misma especie.
- Test de Wilcoxon utilizado para conocer las posibles diferencias entre los estados de floración y fructificación.

Para los datos obtenidos de la composición química de los aceites esenciales los tests empleados fueron los siguientes:

- Análisis Discriminantes y análisis de Cluster para evaluar las diferencias y semejanzas entre poblaciones dentro de una misma especie (8.4. ANEXO-CD)

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Descripción de la Actividad Antioxidante Lipófila de los aceites esenciales

Th. mastichina

Se testaron los aceites esenciales de 9 poblaciones de *Th. mastichina* en los estados de floración y fructificación (Alía sólo floración y La Garganta sólo fructificación), obteniéndose para cada una de las muestras su diferencia de absorbancia (ΔA_{730nm}). Estos valores se introdujeron en la expresión matemática que aparece a continuación para obtener los valores de la Actividad Antioxidante Lipófila AAL de cada una de las muestras (véase Tabla 4).

$$AAL = \frac{\Delta A_{730nm}}{14750} \cdot \frac{mol}{l} ABTS \cdot \frac{1molTrolox}{2.27molABTS} \cdot \frac{250.29grTrolox}{1molTrolox} \cdot \frac{1000mgrTrolox}{1grTrolox} \cdot \frac{(1ml+0.002ml)}{0.002ml} \cdot \frac{0.1l}{100ml}$$

$$AAL = \Delta A_{730nm} \cdot 374.51 \frac{mgTrolox}{100ml}$$

Los valores de la Actividad Antioxidante Lipófila (AAL) en *Th. mastichina* oscilaron entre 93.25-265.13 mgTrolox/100ml para el estado de floración. En el estado de fructificación los valores se situaron entre 114.60-314.96 mgTrolox/100ml.

5.3. RESULTADOS

Tabla 4. Resultados del estudio espectrofotométrico del aceite esencial de *Th. mastichina* en los estados de floración y fructificación. Para cada una de las poblaciones se indican los resultados obtenidos, en 4 réplicas, de la absorbancia inicial (A730nm inicial), absorbancia a los 20min.(A730nm 20min.), la diferencia entre ambas(ΔA) y la Actividad Antioxidante Lipófila (AAL) en mg.Trolox/100ml. También se indica la media de las AAL de las 4 réplicas con sus respectivas desviaciones típicas.

Muestra	Floración						Fructificación						Desv. típica	
	R	A 730nm inicial	A730nm 20 min	ΔA 730nm	AAL mg Trolox/100ml (x374.51)	Medias	Desv. típica	R	A 730nm inicial	A730nm 20 min	ΔA 730nm	AAL mg Trolox/100ml (x374.51)		Medias
Alconera	R1	1.142	0.828	0.314	117.60	142.97	25.11	R1	1.136	0.792	0.344	128.83	132.67	3.61
	R2	1.147	0.695	0.452	169.28			R2	1.134	0.767	0.367	137.45		
	R3	1.143	0.718	0.425	159.17			R3	1.129	0.774	0.355	132.95		
	R4	1.142	0.806	0.336	125.84			R4	1.132	0.781	0.351	131.45		
Aliseda	R1	1.144	0.849	0.295	110.48	115.54	5.16	R1	1.127	0.767	0.360	134.82	126.77	6.20
	R2	1.138	0.811	0.327	122.46			R2	1.133	0.807	0.326	122.09		
	R3	1.140	0.838	0.302	113.10			R3	1.132	0.807	0.325	121.72		
	R4	1.143	0.833	0.310	116.10			R4	1.124	0.781	0.343	128.46		
Badajoz	R1	1.127	0.764	0.363	135.95	131.92	3.56	R1	1.104	0.534	0.570	213.47	214.97	2.58
	R2	1.124	0.782	0.342	128.08			R2	1.101	0.532	0.569	213.10		
	R3	1.124	0.767	0.357	133.70			R3	1.101	0.528	0.573	214.59		
	R4	1.122	0.775	0.347	129.95			R4	1.101	0.517	0.584	218.71		
El Portanchito	R1	1.129	0.830	0.299	111.98	107.86	9.43	R1	1.100	0.759	0.341	127.71	126.87	1.63
	R2	1.128	0.865	0.263	98.50			R2	1.105	0.767	0.338	126.58		
	R3	1.127	0.809	0.318	119.09			R3	1.106	0.773	0.333	124.71		
	R4	1.125	0.853	0.272	101.87			R4	1.105	0.762	0.343	128.46		
Santo Domingo	R1	1.176	0.863	0.313	117.22	114.32	14.84	R1	1.100	0.596	0.504	188.75	181.08	6.56
	R2	1.166	0.917	0.249	93.25			R2	1.107	0.615	0.492	184.26		
	R3	1.164	0.822	0.342	128.08			R3	1.106	0.639	0.467	174.90		
	R4	1.173	0.856	0.317	118.72			R4	1.103	0.632	0.471	176.39		
Los Santos Maimona	R1	1.113	0.458	0.655	245.30	258.13	8.82	R1	1.111	0.302	0.809	302.98	303.17	10.88
	R2	1.118	0.410	0.708	265.15			R2	1.109	0.292	0.817	305.97		
	R3	1.112	0.418	0.694	259.91			R3	1.108	0.337	0.771	288.75		
	R4	1.113	0.413	0.700	262.16			R4	1.108	0.267	0.841	314.96		
Villafranca de los Barros	R1	1.183	0.653	0.530	198.49	196.62	5.62	R1	1.123	0.809	0.314	117.60	116.00	1.45
	R2	1.190	0.678	0.512	191.75			R2	1.122	0.810	0.312	116.85		
	R3	1.171	0.657	0.514	192.50			R3	1.121	0.815	0.306	114.60		
	R4	1.169	0.625	0.544	203.73			R4	1.121	0.814	0.307	114.97		
Alia	R1	1.141	0.645	0.496	185.76	197.83	8.70	R1	1.101	0.463	0.638	238.94	250.27	7.74
	R2	1.142	0.612	0.530	198.49			R2	1.101	0.429	0.672	251.67		
	R3	1.139	0.588	0.551	206.36			R3	1.101	0.419	0.682	255.42		
	R4	1.140	0.604	0.536	200.74			R4	1.099	0.418	0.681	255.04		

Th. zygis

Se testaron los aceites esenciales de 5 poblaciones de *Th. zygis* en los estados de floración y fructificación. En una de estas poblaciones, Badajoz, se encuentra *Th. zygis* subsp. *gracilis*, mientras que en las restantes poblaciones está presente *Th. zygis* subsp. *sylvestris*. Se obtuvo para cada una de las muestras su diferencia de absorbancia (ΔA_{730nm}). Estos valores se introdujeron en la expresión matemática que aparece a continuación para obtener los valores de la Actividad Antioxidante Lipófila AAL de cada una de las muestras (véase Tabla 5).

$$AAL = \frac{\Delta A_{730nm} \cdot \frac{mol}{l} \cdot ABTS \cdot \frac{1molTrolox}{1.6125molABTS} \cdot \frac{250.29grTrolox}{1molTrolox} \cdot \frac{1000mgrTrolox}{1grTrolox} \cdot \frac{(1ml+0.002ml)}{0.002ml} \cdot \frac{0.1l}{100ml}}$$

$$AAL = \Delta A_{730nm} \cdot 527.22 \cdot 400 \cdot \frac{mgTrolox}{100ml} = \Delta A_{730nm} \cdot 210886 \cdot \frac{mgTrolox}{100ml}$$

*** 400 son las veces que se ha diluido el aceite esencial de *Th. zygis* para poderse medir la diferencia de absorbancia en 20 minutos.

Los valores de *AAL* se situaron entre 40279.39-76341.04 mgTrolox/100ml en el estado de floración y entre 27415.29-100593.03 mgTrolox/100ml en el estado de fructificación.

5.3. RESULTADOS

Tabla 5. Resultados del estudio espectrofotométrico del aceite esencial de *Th. zygis* en los estados de floración y fructificación. Para cada una de las poblaciones se indican los resultados obtenidos, en 4 réplicas, de la absorbancia inicial (A730nm inicial), absorbancia a los 20min (A730nm 20min.), la diferencia entre ambas(ΔA) y la Actividad Antioxidante lipófila (AAL) en mg Trolox/100ml y en gr Trolox/L. También se indica la media de las AAL de las 4 réplicas con sus respectivas desviaciones típicas. A excepción de la población de Badajoz, *Th. zygis* subsp. *gracilis* (*), las demás poblaciones son *Th. zygis* subsp. *sylvestris*.

Muestra	Floración										Fructificación									
	R	A 730 inicial	A730 20 min	ΔA 730nm	AAL mg trolox/100ml (x210886)	AAL gr trolox/L	Medias	Desv. típica	Muestra	R	A 730 inicial	A730 20 min	ΔA 730nm	AAL mg trolox/100ml (x210886)	AAL gr trolox/L	Medias	Desv. típica			
* Badajoz	R1	1.234	0.885	0.349	73599.52	7.36	6.89	0.78	Badajoz	R1	1.131	0.684	0.447	94266.43	9.43	9.42	0.57			
	R2	1.237	0.920	0.317	66851.14	6.69														
	R3	1.242	0.963	0.279	58837.43	5.88														
	R4	1.241	0.879	0.362	76341.04	7.63														
La Albuera	R1	0.980	0.688	0.292	61508.67	6.15	6.15	0.18	La Albuera	R1	1.101	0.923	0.178	37537.86	3.75	3.84	0.06			
	R2	0.984	0.701	0.283	59680.98	5.97														
	R3	0.990	0.687	0.303	63898.72	6.39														
	R4	0.987	0.698	0.289	60946.30	6.09														
Guadajira	R1	1.189	0.997	0.192	40490.28	4.05	4.30	0.34	Guadajira	R1	1.219	1.089	0.130	27415.29	2.74	2.99	0.24			
	R2	1.218	1.027	0.191	40279.39	4.03														
	R3	1.248	1.040	0.208	43864.47	4.39														
	R4	1.288	1.063	0.225	47449.54	4.74														
Los Santos de Maimona	R1	1.251	0.992	0.259	54619.70	5.46	5.74	0.45	Los Santos de Maimona	R1	1.200	1.027	0.173	36483.43	3.65	3.62	0.20			
	R2	1.301	1.026	0.275	57993.89	5.80														
	R3	1.340	1.039	0.301	63476.95	6.35														
	R4	1.379	1.125	0.254	53565.26	5.36														
Solana de los Barros	R1	1.107	0.834	0.273	57572.11	5.76	6.10	0.62	Solana de los Barros	R1	1.155	0.906	0.249	52510.83	5.25	5.70	0.49			
	R2	1.141	0.844	0.297	62633.40	6.26														
	R3	1.175	0.848	0.327	68960.00	6.90														
	R4	1.206	0.946	0.260	54830.58	5.48														

Thymbra capitata

Se testó una población de *Thymbra capitata* en los estados de floración y fructificación, obteniéndose para cada una de las muestras su diferencia de absorbancia (ΔA_{730nm}). Estos valores se introducen en la expresión matemática que aparece a continuación para obtener los valores de la Actividad Antioxidante Lipófila (AAL) de cada una de las muestras (véase Tabla 6).

$$AAL = \frac{\Delta A_{730nm} \cdot \text{mol}}{14750 \cdot l} \cdot ABTS \cdot \frac{1 \text{ mol Trolox}}{1.6125 \text{ mol ABTS}} \cdot \frac{250.29 \text{ gr Trolox}}{1 \text{ mol Trolox}} \cdot \frac{1000 \text{ mgr Trolox}}{1 \text{ gr Trolox}} \cdot \frac{(1 \text{ ml} + 0.002 \text{ ml})}{0.002 \text{ ml}} \cdot \frac{0.1 \text{ l}}{100 \text{ ml}}$$

$$AAL = \Delta A_{730nm} \cdot 527.22 \cdot 400 \cdot \frac{\text{mg Trolox}}{100 \text{ ml}} = \Delta A_{730nm} \cdot 210886 \cdot \frac{\text{mg Trolox}}{100 \text{ ml}}$$

*** 400 son las veces que se ha diluido el aceite esencial de *Thymbra capitata* para poderse medir la diferencia de absorbancia en 20 minutos.

Los valores obtenidos para la AAL se situaron entre 114089.79-124001.48 mgTrolox/100ml en el estado de floración y entre 118307.53-130328.08 mgTrolox/100ml en el estado de fructificación.

Tabla 6. Resultados del estudio espectrofotométrico del aceite esencial de *Thymbra capitata* en floración y fructificación. Para cada una de las poblaciones se indican los resultados obtenidos, en 4 réplicas, de la absorbancia inicial (A730nm inicial), absorbancia a los 20min.(A730nm 20min.), la diferencia entre ambas(ΔA) y la Actividad Antioxidante lipófila (AAL) en mg.Trolox/100ml y en gr Trolox/L. También se indica la media de las AAL de las 4 réplicas con sus respectivas desviaciones típicas.

Estado	R	A 730 inicial	A730 20 min	ΔA 730nm	mg trolox/100ml (x210886)	g trolox/L	Medias	Desv. típica
Floración	R1	1.200	0.675	0.525	119854.03	11.99	11.99	0.42
	R2	1.212	0.624	0.588	124001.48	12.40		
	R3	1.217	0.676	0.541	114089.79	11.41		
	R4	1.221	0.645	0.576	121470.83	12.15		
Fructificación	R1	1.237	0.676	0.561	118307.53	11.83	12.46	0.63
	R2	1.240	0.622	0.618	130328.08	13.03		
	R3	1.245	0.630	0.615	129695.42	12.97		
	R4	1.245	0.675	0.570	120205.51	12.02		

5.3.2. Análisis estadístico de la Actividad Antioxidante Lipófila de los aceites esenciales

Diferencias entre los estados de floración y fructificación

Al comparar, utilizando el test de Wilcoxon, los resultados obtenidos de la AAL en el estado de floración con los obtenidos en el estado de fructificación no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ni a nivel general ni para *Thymus zygis* (aunque se aproxima a la significación: $p=0.083$) y *Thymbra capitata*, mientras que para *Th. mastichina* si aparecieron esas diferencias (Tabla 7)

Tabla 7. Niveles de significación estadísticos del test de Wilcoxon, para la comparación de los resultados de AAL entre los estados de floración y fructificación. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

	General (n=52)	<i>Th. mastichina</i> (n=28)	<i>Th. zygis</i> (n=20)	<i>Thymbra capitata</i> (n=4)
p	ns 0.261	* 0.045	ns 0.083	ns 0.465

Diferencias interespecíficas

Respecto a las diferencias interespecíficas, al comparar mediante un test de Kruskal-Wallis los resultados obtenidos de AAL en cada una de las especies se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas tanto en el estado de floración (n=56; *** $p = 0.000$) como en el estado de fructificación (n=56; *** $p = 0.000$).

Esta diferencias se mantuvieron al comparar cada una de las especies con las demás mediante el test de Mann-Whitney (Tabla 8).

Tabla 8. Niveles de significación estadísticos del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de AAL entre pares de especies. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Floración	<i>Thymus mastichina</i> 1	<i>Thymus zygis</i> 2	<i>Thymbra capitata</i> 3
1	-----		
2	*** 0.000	-----	
3	*** 0.001	** 0.002	-----

Fructificación	<i>Thymus mastichina</i> 1	<i>Thymus zygis</i> 2	<i>Thymbra capitata</i> 3
1	-----		
2	*** 0.000	-----	
3	*** 0.001	** 0.002	-----

Diferencias interpoblacionales

Para las especies de las que se estudiaron varias poblaciones se pudo realizar un análisis interpoblacional.

Th. mastichina

En *Th. mastichina*, al comparar mediante el test de Kruskal-Wallis los resultados obtenidos de AAL se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, tanto en el estado de floración (n=32; *** $p = 0.000$) como en el de fructificación (n=32; *** $p = 0.000$), entre las poblaciones analizadas.

Mediante el test de Mann-Witney se compararon los resultados de la AAL entre los pares de poblaciones de *Th. mastichina* (Tabla 9). Para el estado de floración se observaron similitudes en el comportamiento de las poblaciones El Portanchito, Santo Domingo y Aliseda, siendo éstas las poblaciones con AAL menor. También se observaron similitudes entre Badajoz y Alconera y entre Villafranca de los Barros y Alía. Destaca para este estado la población de Los Santos de Maimona que posee un comportamiento diferente a las demás poblaciones, siendo esta la que alcanza los valores más altos de AAL. Por otro lado, en el estado de fructificación las diferencias existentes entre todas las poblaciones se incrementan.

Tabla 9. Niveles de significación estadísticos del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de AAL, entre pares de poblaciones de *Th. mastichina*, para los estados de floración y fructificación. ns = no significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Floración	El Portanchito 1	Santo Domingo 2	Aliseda 3	Badajoz 4	Alconera 5	Villafranca de los Barros 6	Alía 7	Los Santos de Maimona 8
1	-----							
2	ns 0.564	-----						
3	ns 0.248	ns 0.248	-----					
4	* 0.021	* 0.029	* 0.021	-----				
5	* 0.043	ns 0.149	* 0.043	ns 1.000	-----			
6	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	-----		
7	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	ns 0.663	-----	
8	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	-----

Fructificación	El Portanchito 1	Santo Domingo 2	Aliseda 3	Badajoz 4	Alconera 5	Villafranca de los Barros 6	La Garganta 7	Los Santos de Maimona 8
1	-----							
2	* 0.021	-----						
3	ns 0.885	* 0.021	-----					
4	* 0.043	* 0.021	* 0.021	-----				
5	* 0.021	* 0.021	ns 0.149	* 0.021	-----			
6	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	-----		
7	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	-----	
8	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	* 0.021	-----

Mediante un análisis dendrográficos se analizaron las diferencias interpoblacionales de *Th. mastichina* para la AAL utilizando los resultados de las medias de las cuatro réplicas de cada muestra analizada. Se observaron unas diferencias claras entre los resultados para el estado de floración y fructificación (Figuras 6 y 7). Las poblaciones de las que sólo se dispuso de información de un estado no fueron analizadas.

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

ESTADO_F: 1 floración
 * * * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *
 * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

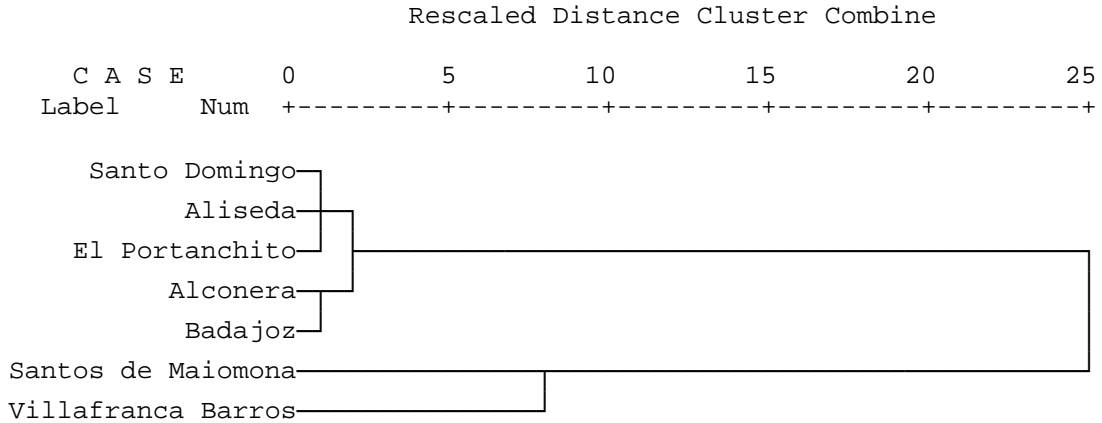


Figura 6. Dendrograma de la AAL de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en floración.

ESTADO_F: 2 fructificación
 * * * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *
 * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

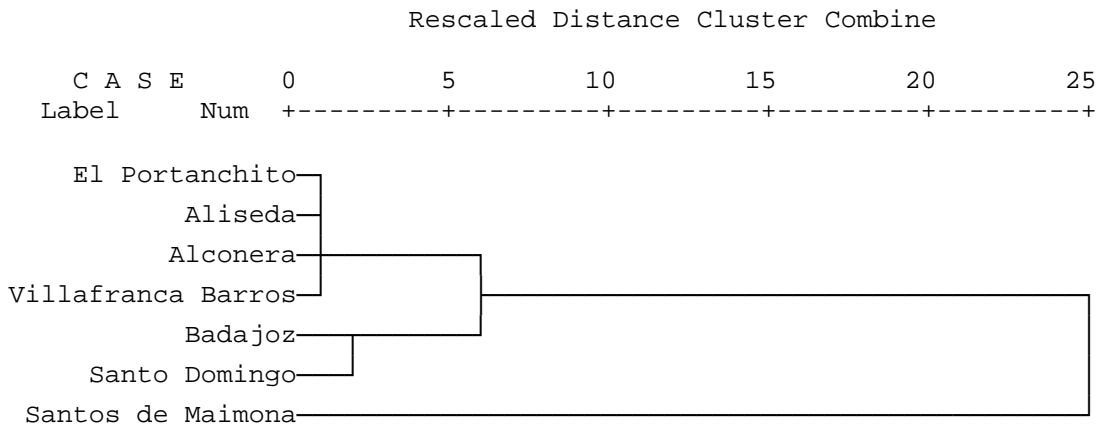


Figura 7. Dendrograma de la AAL de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en fructificación.

Th. zygis

Se obtuvieron también diferencias significativas , tanto en el estado de floración (n=20; *** p = 0.000) como en el de fructificación(n=20; *** p = 0.000), entre las poblaciones analizadas de *Th. zygis* al aplicar el test de Kruskal-Wallis.

Mediante el test de Mann-Witney se compararon los resultados de la AAL entre los pares de poblaciones de *Th. zygis* para el estado de floración y el de fructificación (Tabla 10). En el estado de floración se observó que la población de Guadajira era significativamente diferente a las demás poblaciones. Estas otras, Los Santos de Maimona, Solana de los Barros, La Albuera y Badajoz, pueden agruparse juntas.

Hay que destacar por otro lado que los resultados del análisis interpoblacional en el estado de fructificación son diferentes a los de floración, ya que las poblaciones que en floración no ofrecían diferencias significativas entre ellas (Los Santos de Maimona, Solana de los Barros, La Albuera y Badajoz), en el estado de fructificación si las tienen.

Tabla 10. Niveles de significación estadísticos del test de Mann-Whitney, para la comparación de los resultados de AAL, entre pares de poblaciones de *Th. zygis*, para los estados de floración y fructificación. ns = no significativo; * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001. Todas las poblaciones pertenecen a *Th. zygis* subsp. *sylvestris* a excepción de Badajoz que es *Th. zygis* subsp. *gracilis* *.

Floración	Guadajira 1	Los Santos de Maimona 2	Solana de los Barros 3	La Albuera 4	Badajoz* 5
1	-----				
2	* 0.021	-----			
3	* 0.021	ns 0.386	-----		
4	* 0.021	ns 1.148	ns 0.773	-----	
5*	* 0.021	* 0.043	ns 0.149	ns 0.248	-----

Fructificación	Guadajira 1	Los Santos de Maimona 2	Solana de los Barros 3	La Albuera 4	Badajoz* 5
1	-----				
2	* 0.021	-----			
3	* 0.021	* 0.020	-----		
4	* 0.020	ns 0.139	* 0.020	-----	
5*	* 0.021	* 0.043	* 0.021	* 0.020	-----

Mediante un análisis dendrográficos se analizaron las diferencias interpopulacionales de *Th. zygis* para la AAL utilizando los resultados de las medias de las cuatro réplicas de cada muestra analizada. Se observaron diferencias entre los estados de floración y fructificación (Figuras 8 y 9). Se intuye en estos análisis una cercanía entre las poblaciones de La Albuera, Solana de los Barros y Los Santos de Maimona. La población de Badajoz sin embargo, parece tener diferencias con las anteriores poblaciones. En cuanto a Guadajira decir que parece tener un comportamiento diferente entre los dos estados estudiados, estando segregada de las demás poblaciones en floración y pertenecer al grupo de La Albuera, Los Santos de Maimona y Solana de los Barros en fructificación.

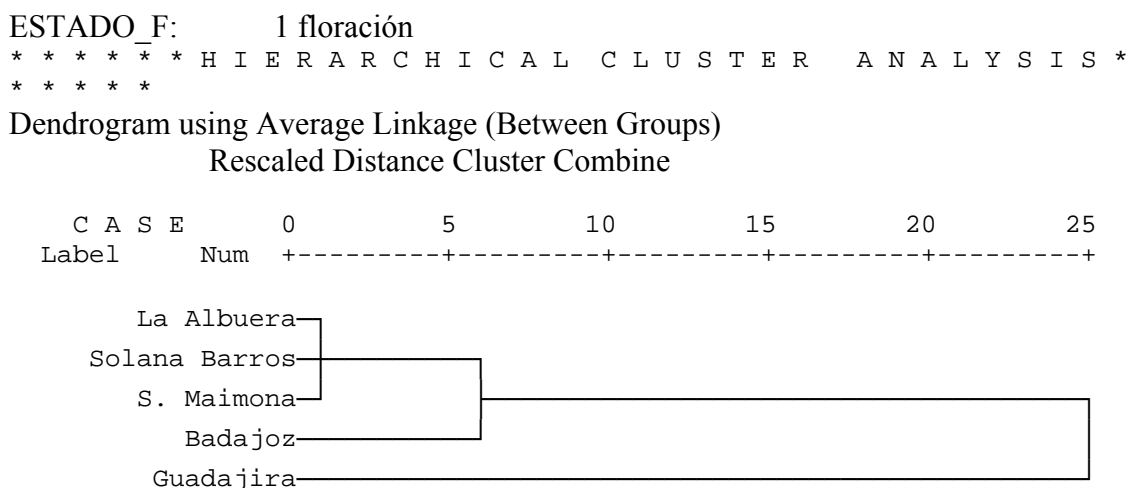


Figura 8. Dendrograma de la AAL de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en floración.

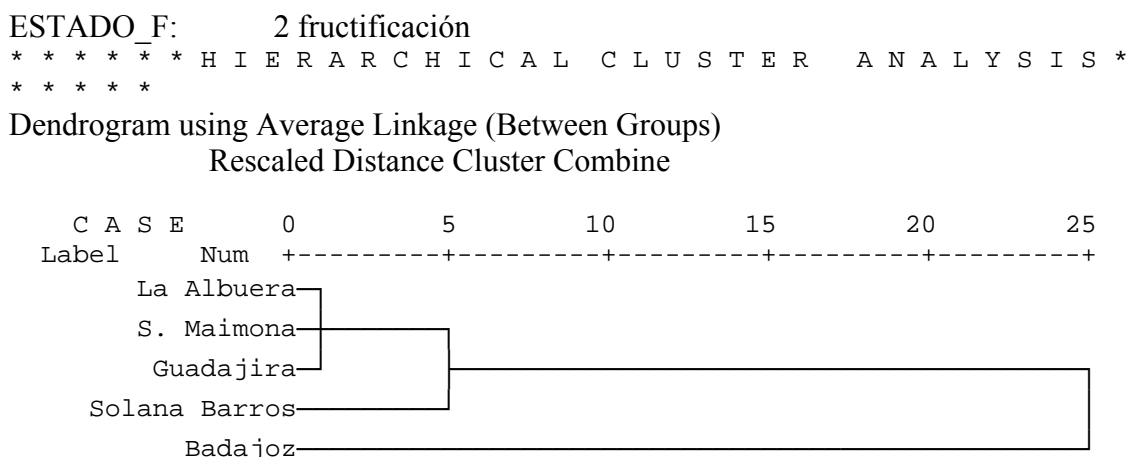


Figura 9. Dendrograma de la AAL de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en fructificación.

5.3.3. Análisis estadístico de la composición química de los aceites esenciales

Th. mastichina

Mediante un análisis dendrográficos se analizaron las diferencias interpoblacionales de *Th. mastichina* para los aceites esenciales en los estados de floración y fructificación (Figuras 10 y 11). Se observan las diferencias entre floración y fructificación.

```
ESTADO_F:          1 floración
* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R  A N A L Y S I S *
* * * * *
```

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

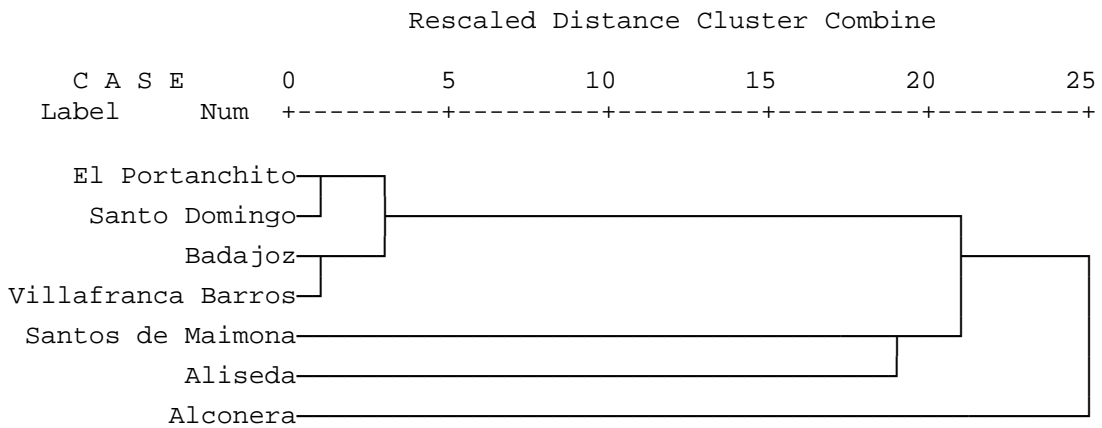


Figura 10. Dendrograma del aceite esencial de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en floración.

```
ESTADO_F:          2 fructificación
* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R  A N A L Y S I S *
* * * * *
```

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

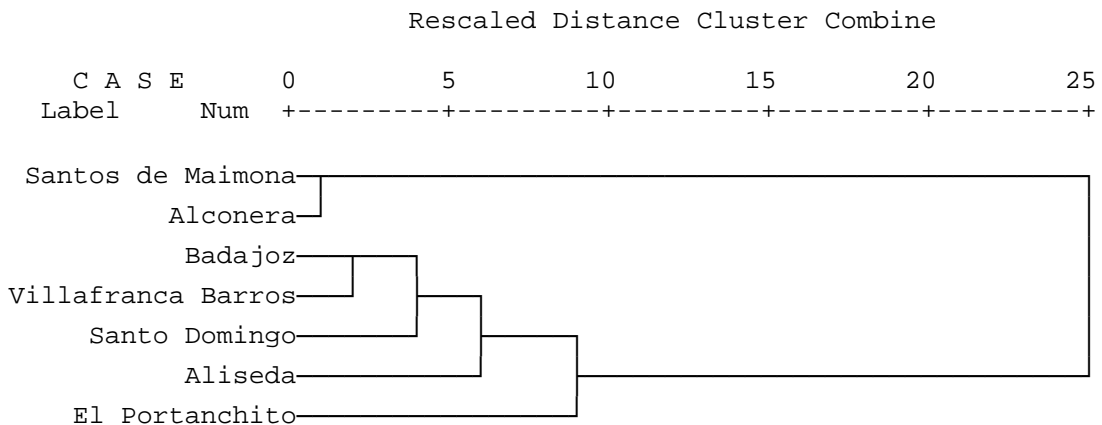


Figura 11. Dendrograma de aceite esencial de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en fructificación.

Un análisis discriminante que se realizó para de los aceites esenciales de *Th. mastichina*, utilizando los datos de floración y fructificación, parece intuir una ligera segregación de la población de Aliseda respecto a las demás (Figura 10).

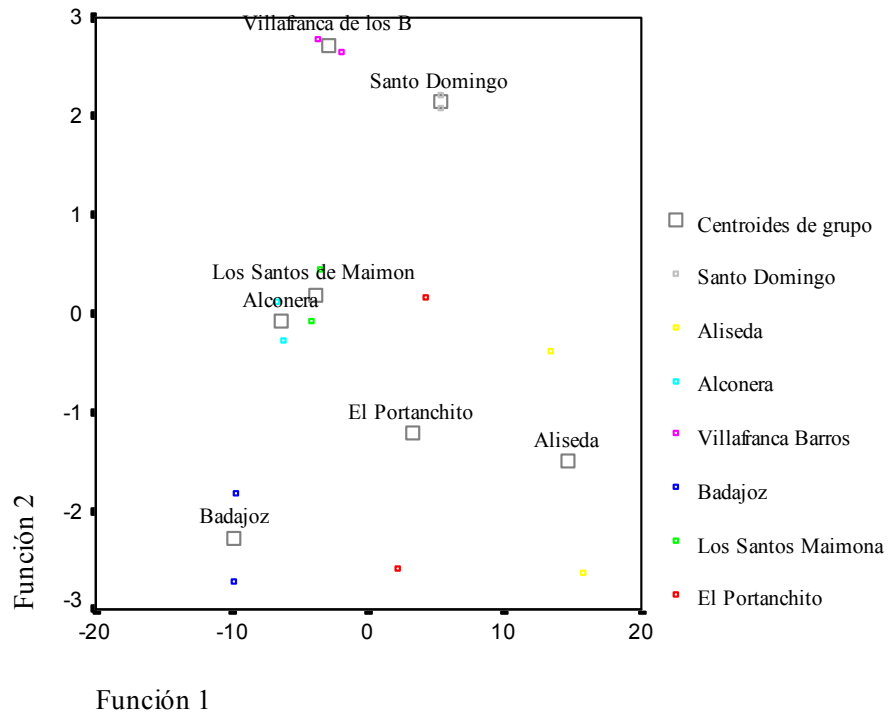


Figura 12. Análisis discriminante para los aceites esenciales de *Th. mastichina* del 2002. Datos de floración y fructificación juntos.

Th. zygis

El análisis de cluster aplicado en los datos de los aceites esenciales nos mostró que la población de Badajoz parece tener diferencias significativas respecto a las demás, sobre todo en el estado de fructificación. Los Santos de Maimona parecen tener un comportamiento diferente en cada estado estudiado, mientras que las restantes poblaciones parecen tener similitudes entre ellas.

```
ESTADO_F:                1  floración
* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R  A N A L Y S I S *
* * * * *
```

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

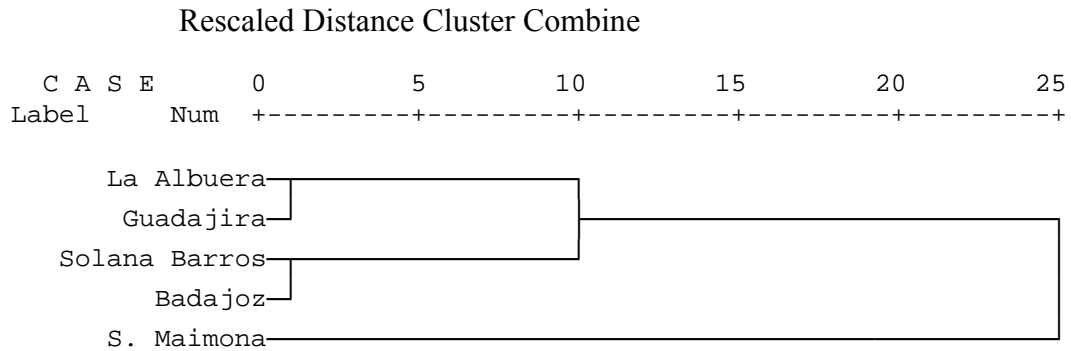


Figura 13. Dendrograma de aceites esenciales de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en floración.

```
ESTADO_F:                2  fructificación
* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R  A N A L Y S I S *
* * * * *
```

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

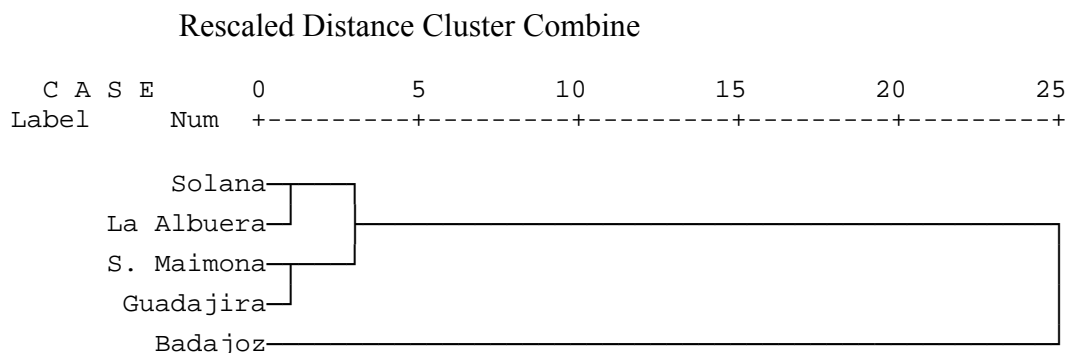


Figura 14. Dendrograma de aceites esenciales en las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en fructificación.

5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Un análisis discriminante de las poblaciones de *Th. zygis*, utilizando para ello los resultados de los aceites esenciales de los estados de floración y fructificación, parecen confirmar las claras diferencias entre la población de Badajoz y las demás.

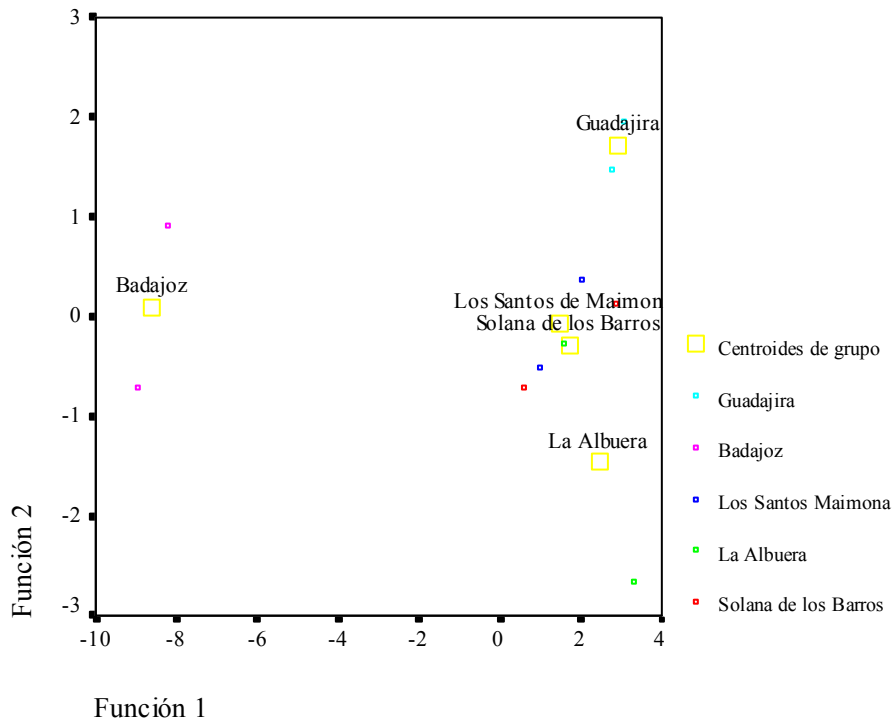


Figura 15. Análisis discriminante para los aceites esenciales de *Th. zygis* del 2002. Datos de floración y fructificación juntos.

5.4 DISCUSIÓN

5.4.1. Cuantificación global de la capacidad antioxidante de las especies estudiadas

Thymbra capitata

Esta especie de porte subarborescente se caracteriza por tener una distribución típicamente circunmediterránea, localizándose en la Península Ibérica, principalmente, en las provincias costeras de Andalucía y de la mitad Sur de Portugal. Se le considera una especie en regresión ya que se le conocen localidades muy dispersas por amplias zonas de su distribución. Este es el caso de las poblaciones que dispone Extremadura.

Escasos son los trabajos realizados sobre esta especie que abarquen sus propiedades antioxidantes. En uno ellos Lionis et al. (1998) observó una significativa actividad antioxidante en extractos de *Thymbra capitata* mediante ensayos que evaluaban la inhibición de la peroxidación lipídica a manos de dichos extractos en células bronquiales humanas. La peroxidación lipídica fue determinada por el análisis de ácido tiobarbitúrico. Otros autores (Miguel et al. 2003) han evaluado la capacidad antioxidante del aceite esencial de esta planta mediante la medida de la inhibición de la peroxidación en el aceite de girasol. Los resultados que obtuvieron demuestran la elevada capacidad antioxidante del aceite de estas plantas, que es muy superior al antioxidante sintético BHT.

El material que nosotros hemos analizado procede de la única población de esta especie que se ha localizado en Extremadura que posee suficiente entidad para mantenerse estable.

La actividad antioxidante lipófila (AAL) para esta especie se situó entre 114089.79 y 130328.08 mg Trolox/100ml.

En lo que se refiere a la composición química de las muestras analizadas de *Thymbra capitata* destaca como componente principal el carvacrol, con valores próximos al 80 %, le sigue en importancia *p*-cimeno (7.72-8.21 %). γ -terpineno (3.70-3.84 %) y linalol (2.67-2.08 %) son también componentes destacables. Otros como β -mirceno, α -terpineno y β -cariofileno oxido tienen también valores superiores al 1 %.

Los componentes mayoritarios han sido testados positivamente como compuestos antioxidantes (carvacrol: Dorman et al. 2000; Radonic & Milos, 2003; *p*-cimeno: Radonic & Milos 2003; Dorman et al. 2000; Teissedre & Waterhouse, 2000; γ -terpineno: Radonic & Milos, 2003; linalol: Dorman et al. 2000), por lo que parece comprensible que la actividad antioxidante medida en el aceite esencial sea ocasionada por la acción conjunta de sus componentes.

Thymus mastichina

La especie *Th. mastichina* es una planta endémica de la Península Ibérica y se encuentra distribuida ampliamente por ella. Se trata de una mata de unos 50 (-80) cm adaptada a una gran variedad de sustratos aunque prefiere los terrenos silicios. En la Comunidad Autónoma de Extremadura esta especie se encuentra en gran parte del territorio y desde los 200 msm a los 1500 msm.

Únicamente en bibliografía hemos localizado el trabajo de Miguel et al. (2003) sobre la actividad antioxidante del aceite esencial de *Th. mastichina*, que como dijimos anteriormente aplica esta propiedad del aceite para retrasar la peroxidación en el aceite de girasol.

Se han analizado nueve poblaciones de esta especie obteniéndose valores de la AAL comprendidos entre 93.25 y 314.96 mg Trolox/100ml.

Los resultados obtenidos para *Th. mastichina* en lo relativo a la composición de sus aceites esenciales han dado como componente principal limoneno + 1,8-cineol, con valores comprendidos entre 68.64 y 80.20 % (se sabe por bibliografía que, en extracciones donde se ha podido separar estos dos componentes, el limoneno nunca

supera el 3 % del total. Ver Tabla 53 del Capítulo 4). A destacar también el componente β -mirceno con porcentajes entre 5.25 y 10.10 %. Otros componentes importantes son canfeno (3.02-5.65 %), sabineno (1.24-4.15 %), linalol (0.60-4.59 %), terpinen-4-ol (1.93-4.98 %) y α -terpineol (2.74-6.66 %).

En algunos de estos componentes se ha observado una importante actividad antioxidante, como son los casos del linalol, sabineno y terpinen-4-ol (Dorman et al. 2000), que serán seguramente los principales causantes de dar al aceite esencial de *Th. mastichina* su actividad antioxidante.

Th. zygis

Th. zygis se encuentra distribuido por la Península Ibérica y el Norte de África. Se trata de un subarbusto prostrado y ramificado que se caracteriza por vivir generalmente en suelos de naturaleza básica. Es una planta eminentemente mediterránea, adaptada perfectamente a los veranos cálidos y que soporta perfectamente las heladas invernales. Puede encontrarse entre los 200 y 1200 msm.

Sólo hemos localizado un trabajo que evalúa actividad antioxidante de *Th. zygis* (Jiménez et al. 1993). En él además de observar la actividad protectora del aceite esencial de esta planta en el hígado de ratón, se confirmó que este aceite y los componentes timol y carvacrol poseen una potente actividad como captadores de radicales libres.

La actividad antioxidante de esta especie se situó entre 27415.29-100593.03 mg Trolox/100ml.

Los componentes mayoritarios son timol (14.32-55.25 %) y *p*-cimeno (16.40-43.31 %). Otros componentes que pueden alcanzar porcentajes elevados son γ -terpineno (1.96-13.74 %), cis- β -ocimeno (traza-21.66 %), linalol (1.44-12.30 %), borneol (0.63-5.70 %), terpinen-4-ol (traza-7.54 %), β -mirceno (1.21-4.21 %), β -pineno (0.37-6.20 %), canfeno (0.87-2.82 %) y carvacrol (0.97-3.45 %).

En algunos de los componentes de esta especie se ha identificado actividad antioxidante, como es el caso del timol, *p*-cimeno o carvacrol (Radonic & Milos 2003; Teissedre & Waterhouse, 2000; Kim & Lee, 2004; Youdin & Dean, 2000; Alam et al 1999). Los componentes con propiedades antioxidantes serán los causantes de la alta AAL que nosotros hemos identificado en el aceite esencial de *Th. zygis*.

5.4.2. Variación de la capacidad antioxidante de las especies respecto a diferentes variables

Estado fenológico

Cada una de las especies a estudio ha tenido un comportamiento diferente al comparar los resultados de la AAL en el estado de floración con los resultados del estado de fructificación.

La especie *Thymbra capitata* obtuvo unos valores similares entre los dos estados. Por lo tanto si se desea aplicar el aceite esencial por las propiedades que este aceite posee, en principio sería indiferente usar material recolectado en floración o en fructificación.

En *Th. zygis*, a pesar de que no se observaron diferencias estadísticamente significativas, si se aproximó a la significación ($p = 0.083$). Así, en la mayoría de las poblaciones se observó una disminución en la actividad antioxidante en el estado de fructificación respecto al de floración, siendo moderada esta disminución en Solana de los Barros y muy drástica en La Albuera, Guadajira y Los Santos de Maimona. Un comportamiento opuesto al de las poblaciones antes mencionadas se observó en Badajoz, donde la actividad antioxidante aumenta considerablemente en el estado de fructificación. Este comportamiento desigual de Badajoz podría deberse a el hecho de que esta población haya sido identificada como *Th. zygis* subsp. *gracilis*, mientras que las restantes poblaciones analizadas fueron dadas como *Th. zygis* subsp. *sylvestris*.

La actividad antioxidante de *Th. mastichina* si ofreció diferencias estadísticamente significativas entre los estados de floración y fructificación. Se observó una

disminución en el estado de fructificación que fue leve en Alconera y considerable en Villafranca de los Barros, y un aumento en fructificación en Aliseda, Badajoz, El Portanchito, Santo Domingo y Los Santos de Maimona.

Variaciones interpoblacionales

Para *Th. zygis* y *Th. mastichina*, de las que se dispuso de información de varias localidades, se pudo realizar un análisis interpoblacional.

En *Th. mastichina* se observaron unas importantes diferencias (estadísticamente significativas) entre las poblaciones estudiadas y, además, las diferencias aparecen tanto en el estado de floración como el de fructificación. Destaca por encima de todas la poblaciones Los Santos de Maimona, la cual alcanzó los valores más elevados tanto en el estado de floración como en el de fructificación. Las poblaciones de El Portanchito y Aliseda se encuentran en ambos estados entre las que menos actividad tienen. Las poblaciones de Santo Domingo, Badajoz, Alconera, Alía y La Garganta las podríamos agrupar por tener unos valores intermedios de actividad antioxidante.

Podríamos destacar los resultados obtenidos en Villafranca de los Barros. Esta población se caracterizó por que mientras en el estado de floración tuvo una de las actividades más altas, en el estado de fructificación fue la que obtuvo el valor más bajo, lo cual determina características peculiares a la población, necesarias a tener en cuenta en la práctica.

En lo que se refiere a *Th. zygis* también se observaron diferencias significativas entre las poblaciones analizadas. Tanto en el estado de floración como en el de fructificación tenemos como población con valores menores de AAL a Guadajira y con los valores más altos tenemos a Badajoz. Es destacable también el hecho de que en el estado de floración las poblaciones de Los Santos de Maimona, Solana de los Barros, La Albuera y Badajoz tengan unas actividades muy semejantes, mientras que en el estado de fructificación dichas poblaciones ofrecieron resultados significativamente diferentes.

El hecho de que la población de Badajoz haya ofrecido unos valores significativamente diferentes a las demás en sus valores de actividad antioxidante apoya el resultado del análisis taxonómico del Capítulo 1 donde los individuos de la población de Badajoz fueron considerados diferentes a las demás poblaciones al nivel de subespecie.

5.4.3. Posibles relaciones entre la composición química de los aceites y la actividad antioxidante.

A nivel interespecífico

Se han observado diferencias muy importantes entre las especies a estudio en lo relativo a la actividad antioxidante, tanto en el estado de floración como en el estado de fructificación. Estas diferencias, si cabe, son mucho mayores entre *Thymus mastichina* y, *Th. zygis* y *Thymbra capitata* que entre las dos últimas. Así, mientras los valores de *Th. mastichina* se sitúan entre 93.25 y 314.96 mg Trolox/100ml, los valores de las otras dos especies son mucho mayores (*Th. zygis* = 27415.29-100593.03 mg Trolox/100ml; *Thymbra capitata* = 114089.79 y 130328.08 mg Trolox/100ml.)

Estas diferencias deberían estar ocasionadas por la composición química que cada especie posea en sus aceites esenciales. Así, hay que decir que cada una de las especies estudiadas en este capítulo se caracterizaron por tener una composición química diferente. Mientras que *Th. mastichina* tuvo como componente principal al monoterpeno oxigenado 1,8-cineol (68.64-80.20 %), acompañados de hidrocarburos monoterpénicos (canfeno y sabineno) y otros monoterpenos oxigenados (linalol, terpinen-4-ol y α -terpineol), *Thymbra capitata* y *Th. zygis* se caracterizaron por tener como componentes principales compuestos químicos relacionados con el anillo de cimeno (*p*-cimeno, γ -terpineno, carvacrol y timol). Por lo tanto esta sería la primera pista por la que existe unas diferencias extraordinariamente grandes entre *Th. mastichina* y las otras dos especies a estudio.

Dorman et al. (2000) evaluó la actividad antioxidante de muchos de los componentes químicos presentes en los aceites esenciales estudiados por nosotros,

utilizando para ello un método con muchas similitudes al que nosotros hemos empleado (TRAP-assay). Entre los componentes que obtuvieron una mayor actividad antioxidante se encontraron el timol con valores superiores a 68 mmol/l (valores dados en equivalentes de Trolox =1702,04 mgrTrolox/100ml) y el carvacrol con valores próximos a 58 mmol/l(=1451.74 mgrTrolox/100ml), que como dijimos con anterioridad son los componentes mayoritarios de *Thymbra capitata* y *Th. zygis*.

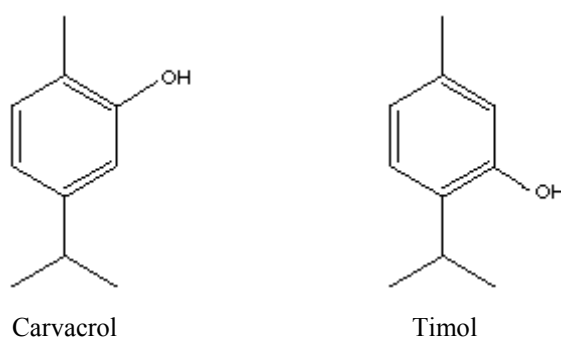


Figura 16. Estructura química de timol y carvacrol.

Muy lejos del timol y el carvacrol en actividad antioxidante tenemos al linalol (14.29 mmol/l =357.67 mgrTrolox/100ml), terpinen-4-ol (7.62 mmol/l =190.72 mgrTrolox/100ml), sabineno (14.76 mmol/l =369.44 mgrTrolox/100ml), que son algunos de los componentes mayoritarios del aceite esencial de *Th. mastichina*, teniendo el componente principal de esta especie, 1,8-cineol, una actividad mucho menor (1.13 mmol/l =28.28 mgrTrolox/100ml).

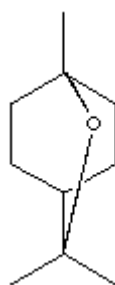


Figura 17. Estructura química de 1,8-cineol

Por lo tanto parece aclararse que el hecho de que *Thymbra capitata* y *Th. zygis* tenga unos valores de actividad antioxidante mucho mayores que los obtenidos para *Th. mastichina* es la presencia como componentes mayoritarios en los dos primeros de los componentes con mayor actividad, timol y carvacrol. Además, *Th. mastichina* posee como componente mayoritario al 1,8-cineol, que como dijimos posee una baja actividad antioxidante respecto al timol y al carvacrol.

Las diferencias entre *Thymbra capitata* y *Th. zygis* a nivel de actividad también podría explicarse por el hecho de que la primera posee altos niveles de carvacrol (próximo al 80 %), mientras que la segunda tiene como componentes principales el timol (14.32-55.25 %), que posee como dijimos una actividad similar al carvacrol, y *p*-cimeno (16.40-43.31 %), que aunque tiene una buena actividad antioxidante (12.38 mmol/l =309.87 mgrTrolox/100ml)(Dorman et al. 2000), está lejos del timol y el carvacrol. Esta podría ser la razón de que el aceite esencial de *Thymbra capitata* sea superior al de *Th. zygis*.

A nivel interpoblacional

-Thymus zygis

Como dijimos con anterioridad se han observado diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de *Th. zygis* en su AAL, y que entre esas diferencias habría que destacar los resultados de la población de Badajoz que fue la que obtuvo los más altos valores de actividad. Pues bien, esta población también se diferencia de las demás en su composición química, siendo ella la que obtuvo los más altos valores del componente mayoritario timol (49.45-55.24 %), que como dijimos con anterioridad, Dorman et al. (2000) lo evaluó como uno de los componentes químicos de los aceites esenciales con mayor actividad antioxidante. El análisis discriminante y dendrográfico realizado para la composición química muestra a esta población de Badajoz alejada de las demás.

La población de Guadajira fue la que obtuvo los valores de actividad antioxidante más bajos tanto en floración como en fructificación. Esta población se encuentra disgregada de las demás si observamos en el análisis discriminante realizado para la composición química de esta especie. Destaca el hecho de que esta sea la población con menor porcentaje de timol en fructificación, aunque en floración no es así.

Además se ha observado una relación directamente proporcional entre el grupo de componentes relacionados con el anillo de cimeno (timol, *p*-cimeno, γ -terpineno y carvacrol) y la AAL. Por el contrario se observó una relación inversamente proporcional entre los hidrocarburos más abundantes de esta especie más el cineol (α -pineno, canfeno, β -pineno, sabineno, mirceno y cineol) y la AAL. Por esta razón parece claro afirmar que los compuestos relacionados con el anillo del cimeno son los que proporcionan mayores propiedades antioxidantes a este aceite esencial.

-Thymus mastichina

En esta especie se han observado diferencias significativas entre las poblaciones, como hemos dicho con anterioridad, en los resultados obtenidos de actividad antioxidante. El hecho de que en los resultados obtenidos en los análisis estadísticos de sus aceites esenciales (análisis discriminantes y cluster) también se hayan mostrado variaciones entre las poblaciones estudiadas podría intuirse como una concordancia entre ambos resultados.

Sin embargo, no parece disponerse de datos sobre la composición química que evidencien los resultados obtenidos de actividad en cada una de las poblaciones de *Th. mastichina*. Así, aunque esta especie posee un buen número de constituyentes con una interesante actividad, tales como el linalol, terpinen-4-ol o sabineno, el hecho de que ninguno sea constituyente mayoritario (recordemos que en *Th. mastichina* es mayoritario el 1,8-cineol que dispone de baja actividad antioxidante según Dorman et al. 2000) y además haya importantes variaciones entre estos componentes entre unas poblaciones y otras hace difícil relacionar los constituyentes del aceite con su actividad antioxidante.

A nivel del estado fenológico

-Thymbra capitata

Existe una concordancia entre la actividad antioxidante y su composición, ya que tanto en un caso como en el otro los resultados en los estados de floración y fructificación son muy similares.

-Thymus zygis

Se ha observado que los dos componentes químicos mayoritarios de esta especie, timol y *p*-cimeno sufren unas fuertes variaciones entre los estados de floración y fructificación. Así, mientras que el timol disminuye en el estado de fructificación, *p*-cimeno aumenta. Esta podría ser la razón de que en fructificación haya menor actividad antioxidante, ya que Dorman et al. (2000) observó que el componente químico timol posee una actividad mucho mayor que el *p*-cimeno. Este mismo autor intuyó una relación obvia entre la actividad antioxidante de cada componente químico y su estructura química, y resaltó la importancia del grupo hidroxilo en el núcleo fenólico del timol (también en el carvacrol), que parece ser el factor que proporciona a estos componentes una mayor actividad. Así, componentes químicos con similar estructura al timol pero que no disponen de grupo hidroxilo, caso del *p*-cimeno, tienen una actividad antioxidante mucho menor. Kim & Lee (2004) también observaron la relación entre los grupos hidroxilos y la actividad antioxidante.

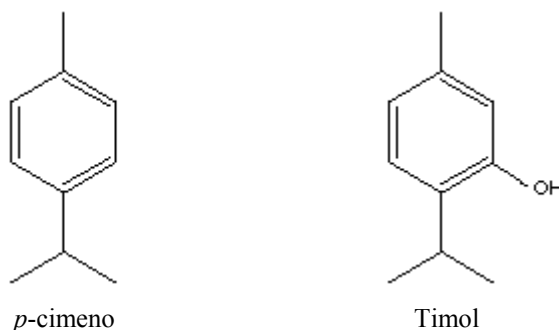


Figura 18. Estructura química de *p*-cimeno y timol

Caso a parte es la población de Badajoz, ya que aunque el *p*-cimeno se comporta de la misma forma que las otras poblaciones, aumentando en fructificación, el timol no sólo no disminuye sino que aumenta, siendo esta la posible causa de que en fructificación aumente la actividad antioxidante en esta población.

-Thymus mastichina

Se han observado diferencias estadísticamente significativas en la AAL de *Th. mastichina* entre los estados de floración y fructificación. Así, en la mayoría de los casos se produce un incremento de actividad en el estado de fructificación, a excepción de la población de Villafranca de los Barros. Estas variaciones son difíciles de asociar a la composición química ya que ninguno de los componentes del aceite de esta especie posee una elevada actividad. Sin embargo, si se ha observado que los análisis de cluster aplicados para cada estado han ofrecido resultados diferentes entre ambos, lo cual da idea de que entre floración y fructificación se producen cambios considerables en la composición química de la planta, que afectan indudablemente a la actividad que ellas posean.

5.4.4. Posible idoneidad del método para el análisis de la actividad antioxidante en los aceites esenciales

Por último decir que el método empleado por nosotros para medir la actividad antioxidante de los aceites esenciales (Cano et al. 2000), que había sido utilizado para estimar de forma fiable y sencilla la actividad antioxidante de compuestos químicos naturales y sintéticos tales como ácido ascórbico, tocoferol, glutatión, BHT, trolox, etc..., y también empleado para valorar la actividad antioxidante de extractos vegetales (frutas y verduras) y de productos alimentarios como zumos, vinos, cervezas, infusiones y otras bebidas comerciales (Arnao et al. 2000 a; 2000b; 2001; Cano et al. 1998; 1999; 2000), presenta interesantes ventajas como la de contemplar dicha actividad como una característica global del producto, independientemente de la composición particular que este posea. El hecho de que se obtenga, de forma rápida y sencilla, y con un gasto monetario pequeño, una idea global de la actividad antioxidante de un producto nos permiten afirmar la idoneidad de este método.

En cuanto a los resultados obtenidos a este trabajo podríamos destacar la alta fiabilidad de los resultados si nos atenemos a las desviaciones típicas obtenidas para las cuatro réplicas realizadas a cada muestra de aceite esencial (Tablas 4,5,6). Y también podríamos destacar el hecho de que este método pueda caracterizar tanto a las diferentes especies como a diferentes poblaciones de tomillos. La correlación que parece existir entre la actividad que poseen los componentes de cada aceite esencial y la actividad total del aceite podría considerarse otra causa más por la que considerar este método como idóneo para la medida de la actividad antioxidante de los aceites esenciales.

5.5. CONCLUSIÓN

De las especies de tomillo estudiadas, la que presenta mayor actividad antioxidante lipófila es *Thymbra capitata*. *Th. zygis* alcanza valores próximos a *Thymbra capitata* en algunas poblaciones, aunque puede llegar a tener 4 veces menos actividad. Por otro lado tenemos a *Th. mastichina* con volares 400 veces menores que *Thymbra capitata*. Ello es debido a la diferente composición química de los respectivos aceites esenciales. Cuando dominan los compuestos químicos relacionados con el anillo de cimeno (*p*-cimeno, γ -terpineno, carvacrol y timol), como ocurre en las dos primeras especies, la actividad antioxidante es mayor. Esto no ocurre en *Th. mastichina*, de menor actividad y con aceite cuyo componente principal ha sido monoterpenos oxigenados (principalmente 1,8-cineol, pero también linalol, terpinen-4-ol y α -terpineol), acompañados de hidrocarburos monoterpénicos (canfeno y sabineno).

En cuanto a la época de recolección más adecuada para obtener un material vegetal con mejor actividad antioxidante, en el caso de *Thymbra capitata* los resultados son similares en la floración que en la fructificación. En el caso de *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, es mejor la floración que la fructificación y en el de *Th. zygis* subsp. *gracilis* parece ocurrir lo contrario. Para *Th. mastichina* los resultados son dependientes de la población analizada, aunque siempre la actividad antioxidante es menor en esta especie que en el resto.

Respecto a las diferencias interpoblacionales, cabe destacar para *Th. zygis* la población de Badajoz, que fue la que obtuvo la actividad más alta, y que fue identificada, esta población, como *Th. zygis* subsp. *gracilis*, mientras que las otras poblaciones son *Th. zygis* subsp. *sylvestris*. En *Th. mastichina* la población que alcanzó los valores más altos de actividad, tanto en floración como en fructificación, fue Los Santos de Maimona.

5.6. BIBLIOGRAFÍA

- Alam, K., M. N. Nagi, O. A. Badary, O. A. Al-Shabanah, A. C. Al-Rikabi & A. M. Al-Bekairi (1999). The protective action of thymol against carbon tetrachloride hepatotoxicity in mice. *Pharmacol. Res.* Vol. 40, 159-163.
- Alim, S. S. L. A. El, A. Lugasi, J. Hovari & E. Dworschak (1999). Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* Vol. 79, 277-285.
- Ames, B. N., M. K. Shigenaga & T. M. Hagen (1993). Oxidant, antioxidant and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* Vol. 90, 7915-7922.
- Arnao M. B., A. Costa, J. Hernández-Ruiz, F. García-Cánovas & M. Acosta (1996). Inhibition by L-ascorbic acid other antioxidants of the ,2'-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) oxidation catalysed by peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status of foods. *Anal. Biochem.* Vol. 236, 255-261.
- Arnao M. B., A. Cano & M. Acosta (2000 a). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry.* Vol. 73, 239-244.
- Arnao, M. B. (2000b). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromagen radicals: a practical case. *Food Science & Technology.* Vol. 11, 419-421.
- Arnao, M. B., A. Cano, J. F. Alcolea & M. Acosta (2001). Estimation of free radical-quenching activity of leaf pigment extract. *Phytochemical Analysis.* Vol. 12, 138-143.
- Aruoma, O. I., J. P. E. Spencer, R. Rossi, R. Aeschbach, A. Khan, N. Mahmood, A. Muñoz, A. Murcia, J. Butler & B. Halliwell (1996). An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and Provençal herbs. *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 34, 449-456.

-
- Bandoniene, D., A. Pukalskas, P. R. Venskutonis & D. Gruzdiene (2000). Preliminary screening of antioxidant activity of some plant extracts in rapeseed oil. *Food Research International*. Vol. 33, 785-791.
 - Bandoniene, D., D. Gruzdiene & P. R. Venskutonis (2001). Antioxidant activity of sage extracts in rapeseed oil irradiated with UV-rays. *Nahrung/Food*. Vol. 45, 105-108.
 - Baratta, M. T., H. J. D. Dorman, S. G. Deans, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso & G. Ruberto (1998a). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 13, 235-244.
 - Baratta, M. T., H. J. D. Dorman & S. G. Deans (1998b). Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and coriander essential oils. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 10, 618-627.
 - Battistutta, F., E. Candido, L. Ciola, A. Giomo, G. Comi, L. S. Conte & R. Zironi (1996). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of essential oils of *Salvia officinalis* and *Thymus vulgaris*. *Atti convegno internazionale: Coltivazione e miglioramento di piante officinali*, Trento, Italy, 2-3 giugno 1994. 481-486.
 - Botsoglou, N. A., A. L. Yannakopoulos, D. J. Fletouris, A. S. Tserveni-Goussi & P. D. Fortomaris (1997). Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 45, 3711-3716.
 - Botsoglou, N. A., P. Florou-Paneri, E. Christaki, D. J. Fletouris & A. B. Spais (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*. Vol. 43, 223-230.
 - Bruneton, J. (2001). Aceites esenciales. Factores de variabilidad de los aceites esenciales. En: *Farmacognosia*. pp: 488-491. Acribia, S.A. Zaragoza. España.

- Budincevic, M., Z. Vrbaski, J. Turkulov & E. Dimic (1995). Antioxidative effect of plant extracts on feed fats. *Fett Wissenschaft Technologie*. Vol. 97, 461-466.
- Cano, A., J. Hernández-Ruíz, F. García-Cánovas, M. Acosta & M. B. Arnao (1998). An End-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemical Analysis*. Vol. 9, 196-202.
- Cano, A., M. Acosta & M. Bañón (1999). El potencial antioxidante como parámetro de calidad en frutas y hortalizas. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Murcia, abril 1999. pp. 205-210.
- Cano, A., M. Acosta & M. B. Arnao (2000). A method to measure antioxidant activity in organic media: Application to lipophilic vitamins. *Redox Report*. Vol. 5, 365-370.
- Cao, G., H. M. Alessio & R. G. Cutler (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay from antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.* Vol. 14, 303-311.
- Charai, M., M. Faid & A. Chaouch (1999). Essential oils from aromatic plants (*Thymus broussonetti* Boiss., *Origanum compactum* Benth. Ans *Citrus limon* (L.) N. L. Burm.) as natural antioxidants for olive oil. *Journal of Essential oil Research*. Vol.11 (4), 517-521.
- Chevolleau, S., A. Debal & E. Ucciani (1992). Determination of antioxidant activity of plant extracts. *Revue Francaise des Corp Gras*. Vol. 39, 3-8.
- Cuvelier, M. E., C. Berset & H. Richard (1994). Antioxidant constituents in sage (*Salvia officinalis*). *J. Agric. Food Chem.* Vol. 42, 665-669.
- Cuvelier, M. E., H. Richard & C. Berset (1996). Antioxidant activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extract of sage and rosemary. *JAOCS*. Vol. 73, 645-652.

-
- Dapkevicius, A., R. Venskutonis, T. A. van Beek & J. P. H. Linssen (1998). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 77 (1), 140-146.

 - Dapkevicius, A., T. A. van Beek, G. P. Lelyveld, A. van Veldhuizen, A. de Croot, J. P. Linssen & R. Venskutonis (2002). Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. *J. Nat. Prod.* Vol. 65 (6), 892-896.

 - Dauksas, E., P. R. Venskutonis, V. Povilaityte & B. Sivik (2001). Rapid screening of antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extracts obtained by supercritical carbon dioxide at different extraction conditions. *Nahrung/Food*. Vol. 45, 338-341.

 - Deans, S. G., Svoboda, K. P., M. Gundidza & E. Y. Brechany (1992). Essential oil profiles of several temperate and tropical aromatic plants: their antimicrobial and antioxidant activities. *Acta Horticulturae*. Vol. 306, 229-232.

 - Deans, S. G., E. Simpson, R. C. Noble, A. MacPherson, L. Penzes, H. Schilcher, J. D. Phillipson & D. Loew (1993). Natural antioxidants from *Thymus vulgaris* volatile oil: the beneficial effects upon mammalian lipid metabolism. *Acta Horticulturae*. Vol. 332, 177-182.

 - Dorman, H. J. D., S. G. Deans, R. C. Noble & P. Surei (1995). Evaluation in vitro of plant essential oils as natural antioxidants. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 7 (6), 645-651.

 - Dorman, H. J. D., A. C. Figueiredo, J. G. Barroso & S. G. Deans (2000). In vitro evaluation of antioxidant activity of essential oils and their components. *Flavour and Fragrance Journal*. Vol. 15, 12-16.

 - Dorman, H. J. D., P. Surai & S. G. Deans (2000b). In vitro antioxidant activity of a number of plant essential oils and phytoconstituents. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 12, 241-248.

- Duell, P. B. (1996). Prevention of atherosclerosis with dietary antioxidants: Factor fiction? *J. Nutr.* Vol. 126S, 1067-1071.
- Dursun, N., N. Liman, I. Ozyazgan, I. Gunes & R. Saraymen (2003). Role of Thymus oil in burt wound healing. *J. Burn Care Rehabil.* Vol. 24, 395-399.
- Faleiro, M. L., M. G. Miguel, F. Ladeiro, F. Venancio, R. Tavares, J. C. Brito, A. C. Figueiredo, J. G. Barroso & L. G. Pedro (2003). Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portuguese endemic species of *Thymus*. *Lett. Appl. Microbiol.* Vol. 36 (1), 35-40.
- Farag, R. S., A. Z. M. A. Badei, F. M. Hewedi, G. S. A. El-Baroty (1989). Antioxidant activity of some ápice essential oil on linoleic acid oxidation in aqueous media. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* Vol. 66, 792-799.
- Galvao, R. M. & J. Mancini-Filho (2001). Antioxidant activity of spices: evaluation and comparison of in vitro and in vivo methods. *J. Brazilian Soc. Food Nutr.* Vol.22, 49-62.
- Gey, K. F., P. Paska, P. Jordan & U. K. Moser (1991). Inverse correlation between plasma vitamin E and mortality from ischemic Herat disease in cross-cultural epidemiology. *Am. J. Clin. Nutr.* Vol. 53, 32-34.
- Guillén, M. D. & M. J. Manzanos (1998). Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris* L. plant. *Food Chemistry.* Vol. 63 (3), 273-283.
- Harbone, J. B. (1994). The flavonoids. En: *Advances in research since 1986.* Chapman & Hall. Londres.
- Halliwell, B. & J. M. C. Gutteridge (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease. *Meth. Enzymol.* Vol. 186, 1-85.

-
- Halliwell, B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Ann. Rev. Nutr.* Vol. 16, 33-50.
 - Halliwell, B. & J. M. C. Gutteridge (1999). *Free radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press (3^a ed.). New York.
 - Haraguchi, H., T. Saito, H. Ishikawa, H. Date, S. Kataoka, Y. Tamura & K. Mizutani (1996). Antiperoxidative components in *Thymus vulgaris*. *Planta Medica*. Vol. 62, 217-221.
 - Ismaili-Alaoui, M. (1988). Antioxidant property of two labiatae extracts: *Thymus broussonetii* and *Rosmarinus officinalis*. Rabat (Morocco).
 - Ismaili, H., L. Milella, S. Fkih-Tetouani, A. Ildrissi, A. Camporese, S. Sosa, G. Altinier, R. Della Loggia & R. Aquino (2004). In vivo topical anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of two extracts of *Thymus satureioides* leaves. *J. Ethnopharmacol.* Vol. 91 (1), 31-36.
 - Johnson, L. E. (1995). Food technology of the antioxidant nutrients. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* Vol. 35, 149-159.
 - Jiménez, J., M. C. Navarro, M. P. Montilla, A. Martín & A. Martínez (1993). *Thymus zygis* oil: its effects on CC14-induced hepatotoxicity and free radical scavenger activity. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 5 (2), 153-158.
 - Justesen, U. & P. Knuthsen (2001). Analytical, nutritional and clinical methods section: composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chemistry*. Vol. 73, 245-250.
 - Kahkonen, M. P., A. I. Hopia, H. J. Vuorela, J. P. Rauha, K. Pihlaja, T. S. Kujala & M. Heinonen (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 47, 3954-3962.

- Kim, D. O. & C. Y. Lee (2004). Comprehensive study on vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* Vol. 44, 253-273.
- Korczak, J., Z. Pazola & M. Gogolewski (1990). Antioxidant properties of spices from the Labiatae family. Pt. 1. Evaluation of antioxidative activity in model systems (natural antioxidants; sweet marjoram and wild marjoram). *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Technologia Zywnosci.* Vol. 218, 61-74.
- Krinsky, N. I. (1989). Antioxidant functions of carotenoids. *Free Rad. Biol. Med.* Vol. 7, 617-635.
- Kulieva, Z. T., D. I. Gusienov, F. I. Kasumov & R. A. Akhundov (1979). Studies of the chemical composition and some pharmacologic-toxicologic properties of the essential oil from *Thymus kotschyanus*. *Dokl. Akad. Nauk. Az. SSR.* Vol. 35 (8), 87-91.
- Kwok, D. & K. Shetty (1998). Effects of proline and proline analogs on total phenolic and rosmarinic acid levels in shoot clones of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Food Biochemistry.* Vol. 22, 37-51.
- Lacroix, M., W. Smoragiewicz, L. Pazdernik, M. I. Kone & K. Krzystyniak (1997). Prevention of lipid radiolysis by natural antioxidants from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Food Research International.* Vol. 30, 457-462.
- Lamaison, J. L., C. Petitjean-Freytet & A. Carnat (1990). Rosmaric acid, total hydroxycinnamic derivative contents and antioxidant activity of medicinal Apiaceae, Borraginaceae and Lamiaceae. *Ann. pharmaceutiques françaises.* Vol. 48, 103-108.
- Lamaison, J. L., C. Petitjean-Freytet, F. Duban & A. Carnat (1991a). Rosmarinic acid and antioxidant activity in french Lamiaceae. *Fitoterapia.* Vol. 62, 166-171.

-
- Lamaison, J. L., C. Petitjean-Freytet & A. Carnat (1991b). Lamiacées médicinales a propriétés antioxydantes, sources potentielles d'acide rosmarinique. *Pharm. Acta Helv.* Vol. 66, 185-188.

 - Lee, S. E., H. S. Lee & Y. J. Ahn (1999). Scavenging effect of plant-derived materials on free radicals and active oxygen species. *Agric. Chem. Biotechnol.* Vol. 42, 40-44.

 - Lionis, C., A. Faresjo, M. Skoula, M. Kapsokfalou & T. Faresjo (1998). Antioxidant effects of herbs in Creta. *Lancet British Edition.* Vol. 352, 1987-1988.

 - Lis-Balchin, M., S. Deans, S. Hart, L. E. Craker, L. Nolan & K. Shetty (1996). Bioactiviy of New Zealand medicinal plant essential oils. *Acta Horticulturae.* Vol. 426, 13-30.

 - Lissi, E., M. Salim-Hanna, C. Pascual & M. D. del Castillo (1995). Evaluation of total antioxidant potencial (TRAP) and antioxiandat reactivity from luminol-enhanced chemiluminiscence measurements. *Free Rad. Biol. Med.* Vol. 18, 153-158.

 - Lu, Y. & L. Y. Foo (2001). Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry.* Vol. 75, 197-202.

 - Mackerras, D. (1995). Antioxidants and health. Fruits and vegetables or supplements? *Food Australia.* Vol. 47, 3-23.

 - Madsen, H. L., G. Bertelsen & L. H. Skibsted (1997). Antioxidant activity of spices and spice extract.pp. 176-187. En: *Spices: Flavour Chemistry and Antioxidant Properties.* S. J. Risch & C. T. Ho. Washington, DC.

 - McCarthy, T. L., J. P. Kerry, J. F. Kerry, P. B. Lynch & D. J. Buckley (2001). Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and coked pork patties. *Meat Science.* Vol. 57, 45-52.

- Metsa-Ketela, T. (1991). Luminiscent assay of total peroxy-radical trapping antioxidant activity of human blood plasma. En: Bioluminescence and Chemiluminescence Current Status. P. Stanley & L. Kricka. Wiley, Chichester. pp. 389-392.

- Miguel, M. G., A. C. Figueiredo, M. M. Costa, D. Martins, J. Duarte, J. G. Barroso & L. Pedro (2003). Effect of essential volatile oil isolated from *Thymus albicans*, *Th. mastichina*, *Th. carnosus* and *Thymbra capitata* in sunflower oil. *Nahrung*. Vol. 47 (6), 397-402.

- Miller, N. J., C. Rice-Evans, M. J. Davies, V. Gopinathan & A. Milner (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* Vol. 84, 407-412.

- Miller, N. J., A. T. Diplock, C. Rice-Evans (1995). Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 43, 1794-1801.

- Miller, N. J. & C. Rice-Evans (1996). Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Rep.* Vol. 2, 161-171.

- Miura, K., H. Kikuzaki & N. Nakatani (2002). Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 50 (7), 1845-1851.

- Murkovic, M., D. Steinberger & W. Pfannhauser (1998). Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Food Research and Technology*. Vol. 207, 477-480.

- Nakatani, N. (2000). Phenolic antioxidants from herbs and spices. *BioFactors*. Vol. 13, 141-146.

- Nguyen, U., G. Frakman & D. A. Evans (1991). Process for extracting antioxidants from Labiatae herbs.

-
- Palozza, P. & N. I. Krinsky (1992). Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: an overview. *Meth. enzymol.* Vol. 213, 403-420.

 - Pearson, D. A., E. N. Frankel, R. Aeschbach & J. B. German (1997). Inhibition of endothelial cell-mediated oxidation of low-density lipoprotein by rosemary and plant phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* Vol. 45, 578-582.

 - Piccaglia, R., M. Marotti, E. Giovanelli, S. G. Deans & E. Eaglesham (1993). Antimicrobial and antioxidant properties of Mediterranean aromatic plants. *Industrial Crops and Products.* Vol. 2, 47-50.

 - Picuric-Jovanovic, K., M. Milovanovic & Z. Vrbaski (1995). *Thymus vulgaris* as a source of natural lipid antioxidants. *Review of Research Work at the Faculty of Agriculture.* Vol. 40, 141-146.

 - Pina-Vaz, C., A. Gonçalves Rodríguez, E. Pinto, S. Costa de Olivera, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, M. J. Goncalves & J. Martinez de Olivera (2004). Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* Vol. 18 (1), 73-78.

 - Portari, D. A. & J. Mancini-Filho (2001). Prevenção de reações oxidativas: Antioxidantes nos vegetais de consumo humano. pp. 203-211. En: *Importancia de Alimentos Vegetais na Proteção da Saude. Fisiologia da Nutrição Protectora e Preventiva de Enfermedades Degenerativas.* R. C. de Angelis. Atheneu. Sao Paulo.

 - Radonic, A. & M. Milos (2003). Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant effect of free volatile compounds from *Satureja montana* L. *Free Radic. Res.* Vol. 37, 673-679.

 - Recsan, Z., G. Pagliuca, M. V. Piretti, L. G. Penzes, K. A. Youdim, R. C. Noble & S. G. Deans (1997). Effect of essential oils on the lipids of the retina in the ageing rat: a possible therapeutic use. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 9, 53-56.

- Rice-Evans, C. & N. J. Miller (1994). Total antioxidant status in plasma and body fluids. *Meth. Enzymol.* Vol. 234, 279-293.
- Rice-Evans, C., N. J. Miller, P. G. Bolwell, P. M. Bramley & J. B. Pridham (1995). The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Rad. Res.* Vol. 22, 375-383.
- Rice-Evans, C., N. J. Miller & G. Paganga (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad. Biol. Med.* Vol. 20, 933-956.
- Richheimer, S. L., M. W. Bernart, G. A. King, M. Kent & D. T. Bailey (1996). Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpenes from rosemary. *JAOCS.* Vol.73, 507-514.
- Richheimer, S. L., D. T. Bailey, M. W. Bernart, M. Kent, J. V. Vininski & L. D. Anderson (1999). Antioxidant activity and oxidative degradation of phenolic compounds isolated from rosemary. *Recent Res. Devel. Oil Chem.* Vol. 3, 45-58.
- Riemersma, R. A. (1994). Epidemiology and the role of antioxidants preventing coronary heart disease: a brief overview. *Proc. Nutr. Soc.* Vol. 53, 59-65.
- Sacchetti, G., A. Medici, S. Maietti, M. Radice, M. Muzzoli, S. Manfredini, E. Braccioli & R. Bruni (2004). Composition and functional properties of the essential oil of Amazonian basil, *Ocimum micranthum* Willd., Labiatae in comparison with commercial essential oils. *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 52, 3486-3491.
- Schwartz, J. L. (1996). The dual roles of nutrients as antioxidants and prooxidants: their effects on tumor cell growth. *J. Nutr.* Vol. 126, 1221-1227.
- Schwarz, K, H. Ernst & W. Ternes (1996). Evaluation of antioxidative constituents from thyme. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* Vol. 70, 217-223.

-
- Simandi, B., V. Hajdu, K. Peredi, B. Czukor, A. Nobik-Kovacs & A. Kery (2001). Antioxidant activity of pilot-plant alcoholic and supercritical carbon dioxide extracts of thyme. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* Vol. 101, 355-358.
 - Stanley, J. & A. Mogg (1995). MAFF antioxidant research programme. *The Biochemist* Feb/Mar, 22-24.
 - Takacsova, M., A. Pribela & M. Faktorova (1995). Study of the antioxidative effects of thyme, sage, juniper and oregano. *Nahrung.* Vol. 39, 241-243.
 - Teissedre, P. L. & A. L. Waterhouse (2000). Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. *J. Agric. Food. Chem.* Vol. 48, 3801-3805.
 - Tepe, B., D. Daferera, M. Sokmen, M. Polissiou & A. Sokmen (2004). In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and various extracts of *Thymus eigi* M. Zohary et P. H. Davis. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 52 (5), 1132-1137.
 - Triantaphyllou, K., G. Blekas & D. Boskou (2001). Antioxidative properties of water extracts obtained from herbs of the species Lamiaceae. *International Journal of Food Sciences and Nutrition.* Vol. 52, 313-317.
 - Ueda, S., Y. Kuwabara, N. Hirai, H. Sasaki & T. Sugahara (1991). Antimutagenic capacities of different kinds of vegetables and mushrooms. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology.* Vol. 38 (6), 507-514.
 - Vardar-Unlu, G., F. Canda, A. Sokmen, D. Daferera, M. Polissiou, E. Donmez & B. Tepe (2003). Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. Et Mey. var. *pectinatus*. *J. Agric. Chem.* Vol. 51 (1), 63-67.
 - Wang, M., J. Li, S. G. Ho, X. Peng & C. T. Ho (1998). Isolation and identification of antioxidative flavonoid glycosides from thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Food Lipids.* Vol. 5, 313-321.

- Wayner, D. D. M., G. W. Burton, K. U. Ingold & S. Locke (1985). Quantitative measurement of the total peroxy radical-trapping antioxidant capability of human blood plasma by controlled lipid peroxidation. *FEBS Lett.* Vol. 187, 33-37.
- Weel, K. G. C., P. R. Venskutonis, A. Pukalskas, D. Gruzdiene & J. P. H. Linssen (1999). Antioxidant activity of horehound (*Marrubium vulgare* L.) grown in Lithuania. *Fett/Lipid.* Vol. 101, 395-400.
- Yagi, A. & H. Haraguchi (1997). Protective effect of terpenoids against oxidative stresses. *Recent Research Developments in Phytochemistry.* Vol. 1, 11-24.
- Youdim, K. A. & S. G. Deans (1999a). Beneficial effects of thyme oil on age-related changes in the phospholipids C20 and C22 polyunsaturated fatty acid composition of various rat tissues. *Biochemica et Biophysica Acta, Molecular and Cell Biology of Lipids.* Vol. 1438, 149-146.
- Youdim, K. A., H. J. D. Dorman & S. G. Deans (1999b). The antioxidant effectiveness of thyme oil, alpha-tocopherol and ascorbitol plamate on evening primrose oil oxidation. *Journal of Essential Oil Research.* Vol. 11, 642-648.
- Youdim, K. A., H. & S. G. Deans (1999c). Dietary supplementation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil during the lifetime of the rat: its effects on the antioxidant status in liver, kidney and heart tissues. *Mechanisms of Ageing and Development.* Vol. 109, 163-175.
- Youdim, K. A., H. & S. G. Deans (2000). Effect of thyme oil and thymol dietary supplementation on the antioxidant status and fatty acid composition of the ageing rat brain. *British Journal of Nutrition.* Vol. 83, 87-93.
- Zheng, W. & S. Y. Wang (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 49 (11), 5165-5170.

CAPÍTULO 6.
DISCUSIÓN GENERAL

6.1. DISCUSIÓN GENERAL

Los tomillos extremeños son un interesante recurso natural que hasta el momento no se ha explotado suficientemente. Se trata de plantas que de manera tradicional han sido utilizadas en la región con fines fundamentalmente culinarios (Vázquez et al. 1997; Vázquez & Peral, 1999). Este es un dato para nada desdeñable, ya que de alguna manera constituye una garantía de la ausencia de toxicidad de estos vegetales, no sólo a nivel de toxicidad aguda sino también de toxicidad crónica, la cual es mucho más importante.

Al ser planta cuyo consumo data de tiempos antiguos (Font-Quer, 2001), su inocuidad está garantizada, pero lo que les confiere un valor añadido es la consideración de nuevas posibilidades de utilización, acordes con las demandas de la sociedad actual.

En los campos de la nutrición y la salud, así como en el de la tecnología alimentaria o incluso la dermofarmacia y cosmética, los antioxidantes naturales son productos muy demandados (Cano et al. 1998).

Por ello, a la hora de considerar nuestros recursos filogenéticos resulta interesante conocer cuales pueden ser fuente de obtención de antioxidantes. Y este es el caso de las plantas aromáticas en general y los tomillos en particular.

Dentro de nuestro patrimonio natural existe diversidad de especies y diferentes niveles de variabilidad de las mismas, de manera que cada una de ellas puede considerarse con mayor o menor aptitudes para ser cultivadas en función de las características edáficas o climáticas de los distintos lugares donde sea conveniente realizar los cultivos, o el componente químico que se demande (Devesa & Ruiz, 1995).

Por otra parte, el cultivo de las distintas especies que constituyen nuestro patrimonio genético tiene otra interesante aplicación, relacionada con el tema ambiental. Nos referimos a las potencialidades de uso de algunos tomillos extremeños como elementos utilizables en xero-jardinería, un tipo de práctica agronómica sostenible en

bioclimas mediterráneos, donde la sequía y evapotranspiración estival son muy acusadas. Ello conlleva un ahorro de agua notable, y la posibilidad de implantar jardines de carácter mediterráneo que el valor estético no tenga como consecuencia un consumo elevado de los recursos hídricos.

Por otra parte, dada la posición de los tomillares en la cadena sucesional o dinámica, las especies que los constituyen son generalmente plantas muy aptas para la restauración ambiental.

Todo lo anterior constituye una aproximación global a las potencialidades del grupo como recurso, pero cada especie merece una consideración individualizada, que pasamos a pormenorizar a continuación.

Thymbra capitata

Thymbra capitata es una especie circunmediterránea calcícola que en la Península Ibérica se distribuye por su mitad Sur (Morales, 1986). En Extremadura no alcanza áreas toletano-taganas, quedando restringidas al C-S de la Comunidad Autónoma (biogeográficamente, territorios araceno-pacenses). Las poblaciones extremeñas son las más septentrionales en el interior de la Península Ibérica, siendo sólo superadas por las poblaciones portuguesas semicosteras de los alrededores de Coimbra. Son poblaciones que cuentan con pocos ejemplares, sólo la población de Villafranca de los Barros cuenta con una entidad suficiente como para mantenerse estable y dispone de una buena regeneración natural y una tasa de reproductora aceptable. El resto de poblaciones son frágiles y se encuentran en fase de reducción de área (Vázquez, 2005).

A nuestro juicio se trata de una planta que debería figurar en el catálogo de especies amenazadas, con la categoría de vulnerable.

Sus semillas tienen una germinabilidad alta (de hasta el 92%) y unas velocidades de germinación rápidas (Iv de hasta 19.07), a unas condiciones alternas de 20°C durante

6 horas y a 30°C durante 18 horas, en condiciones de oscuridad y a 40-60 % de humedad. Un pretretamiento térmico de 7 días a 10-12 °C anterior no ocasionó diferencias significativas.

Estos datos son útiles a la hora de plantearse la posibilidad de cultivo de la especie, bien sea con fines de restauración ambiental o bien sea por sus potencialidades como elemento a utilizar en xero-jardinería.

Otra posibilidad de cultivo de la especie está relacionada con su producción de aceites esenciales.

Thymbra capitata es uno de los tomillos extremeños que mayor rendimiento produce, pudiendo llegar a alcanzar un 5 % para flores y hojas (FH) y de hasta 3.78 para planta entera (PE). No se observaron diferencias importantes entre la composición química de los estados de floración y fructificación.

También es esta especie la que obtuvo mayor capacidad antioxidante lipófila, sin que se hayan encontrado diferencias significativas entre la floración y la fructificación. Se atribuye esta actividad a su alto contenido en compuestos relacionados con el anillo del cimeno, especialmente el carvacrol.

Thymus caespititius

Esta especie tiene una distribución restringida al Noroeste de la Península Ibérica y las islas de Azores y Madeira (Morales, 1986). *Thymus caespititius* es un taxon de carácter acidófilo que se localiza en Extremadura en claros de brezal y robledal a una altitud de 700-900 msn.

Las escasas poblaciones de Sierra de Gata (Cáceres) (nosotros hemos localizado 2), constituyen su límite meridional y se encuentran en un estado incierto debido a que los lugares donde se encuentran en unas mejores condiciones, cunetas de pistas y

caminos, y márgenes de cortafuegos, son lugares modificados muy frecuentemente. Es una planta de carácter atlántico que soporta mal las heladas, y requiere cierta humedad. Por su interés corológico entendemos que se trata de una especie que debería estar incluida en el catálogo Regional de de especies protegidas (Blanco et al. 2005).

Su carácter cespitoso hace de ella un caméfito apto para ser utilizado en jardinería en zonas preferentemente montanas. Su cultivo puede realizarse a partir de semillas, si bien el tema exige estudios previos de capacidad germinativa, o bien mediante reproducción vegetativa. Los test empleados por nosotros en el presente trabajo no han dado resultados satisfactorios, por lo que se requieren ensayos posteriores con otras condiciones de germinación que resulten mejor para el desarrollo de su proceso germinativo, siendo quizás más convenientes temperaturas mucho más bajas y uniformes que las empleadas aquí.

La característica más notable del aceite esencial de *Thymus caespititius* es su riqueza en α -terpineol, un producto con actividad insecticida y antimicrobiana. Dada la escasez de material silvestre del que hemos podido disponer y de las dificultades encontradas en su cultivo, hasta la fecha no hemos podido comprobar experimentalmente su actividad antioxidante. Pero dada la proximidad estructural de α -terpineol con compuestos relacionados con el anillo del cimeno y la notable proporción de *p*-cimeno y γ -terpineno (otros componentes relacionados con el anillo del cimeno), es más que probable que dicha actividad sea bastante elevada.

Thymus mastichina

Se trata de una planta, preferentemente silicícola, endémica peninsular y que se encuentra ampliamente distribuida por ese territorio a excepción de Levante y Cataluña. En Extremadura es relativamente frecuente y abundante, situándose entre los 200 y los 1500 msm.

Esta es una planta que se está introduciendo en el mercado de la jardinería como planta aromática o de espacios xéricos, y aun no se conocen cultivares de jardines, quizás porque tiene una facilidad de multiplicación vía vegetativa o por semillas.

La germinabilidad de las semillas de procedencia extremeñas de esta especie es alta (hasta el 92 %) y las velocidades van de rápidas a muy rápidas (Iv hasta 35.67) en unas condiciones de siembra en oscuridad a 40-60 % de humedad y con temperaturas alternas de 6 horas a 20°C y 18 horas a 30°C. Un pretratamiento anterior al test no ocasionó diferencias significativas respecto al control.

Respecto a su potencial cultivo como tomillo productor de aceites esenciales, hay que destacar que se trata de la especie con más altos rendimientos de las estudiadas en esta Memoria, aunque son significativas, y por lo tanto a tener en cuenta para un aprovechamiento comercial, las diferencias entre los estados de floración y fructificación, entre PE y FH, y entre silvestre y cultivado.

De esta especie se tiene constancia de la existencia de 3 quimiotipos (García et al. 1984), siendo el que aparece en las poblaciones testadas en Extremadura el denominado quimiotipo 1,8-cineol (con una variante enriquecida en β -mirceno de la población de La Garganta). Los análisis químicos de estos aceites han mostrado importantes variaciones cuantitativas, en muchos e importantes componentes, entre los estados de floración y fructificación y entre poblaciones silvestres y sus homólogas en cultivo. Estos datos también son de gran relevancia en el caso de que interese algún componente en particular.

Este aceite esencial rico en 1,8-cineol ha mostrado una capacidad antioxidante mucho más reducida que *Th. zygis* y *Thymbra capitata*. Ello no resta valor a la calidad del aceite esencial, que puede ser utilizado con otras finalidades diferentes.

Respecto a los genotipos extremeños, indicar que se han encontrado en general resultados bastante homogéneos para las plantas que proceden de lugares situados en el piso bioclimático mesomediterráneo. Sin embargo, el material de óptimo

supramediterráneo, parece estar especialmente enriquecido en β -pineno, siendo por ello algo interesante. Esto puede ser tenido en cuenta en aquellos casos en que dicho componente quiera hacerse discriminante de calidad.

Thymus praecox subsp. *penyalarensis*

Este orófilo que vive por encima de los 1800 msm pudiendo alcanzar los 2400 msm, es una planta silicícola que tiene su hábitat en pastizales xerófilos los cuales se encuentran parte del año cubiertos de nieve.

Se trata de un endemismo del Sistema Central que sólo lo encontramos en Extremadura en el Norte de la provincia de Cáceres, en las estribaciones del pico Calvitero, la Sierra de Tormentos y la Portilla de Jaranda, es decir, en la parte de Extremadura que es ya carpetano-ibérico-leonesa (Aguilar et al. 2004).

Es este tomillo el único recogido en el Catálogo de especies protegidas de Extremadura (Decreto 37/2001, DOE nº 30 13/03/2001), dentro de la categoría “de interés especial”, lo que supone entre otras cosas la limitación de sus recolección.

Por este motivo es interesante conocer las condiciones que permiten su cultivo. Sin embargo, no se tenía información alguna sobre los requerimientos germinativos de esta especie y en ese sentido es interesante señalar que los test realizados por nosotros con temperaturas alternas de 20°C 6 horas-30°C 18 horas, en oscuridad y a 40-60 % de humedad obtuvieron unos valores de germinabilidad altos (78 %) y unas velocidades rápidas ($I_v = 19.05$). Un pretratamiento anterior al test no produjo elevadas diferencias (germinabilidad = 88 %; $I_v = 21.05$).

Respecto al perfil químico de composición del aceite esencial, indicar que no había sido estudiado hasta la fecha material alguno perteneciente a esta subespecie. En función de los análisis que hemos realizado puede decirse que este taxon alcanzó unos

valores bajos de rendimiento en comparación a otras especies estudiadas, con valores para PE de 1.25 % en floración y 0.94 en fructificación.

Como característica cualitativa destacable, encontramos que la composición química del aceite esencial de *Th. praecox* subsp. *penyalarensis* tiene un número de componentes que poseen porcentajes superiores o próximos al 10 % (timol, carvacrol, p-cimeno, α -terpineol, β -mirceno y cis- β -ocimeno. De ellos los 3 primeros están relacionados por su estructura cíclica y con una elevada actividad antioxidante, mientras que β -mirceno y cis- β -ocimeno son monoterpenos acíclicos. El compuesto α -terpineol presenta similitudes con el primer grupo aunque éste no posee el anillo del cimeno.

Es destacable también las diferencias observadas a nivel cuantitativo de los componentes de este aceite entre los estados de floración y fructificación, observados en un año de estudio, lo cual da idea de la necesidad de un estudio más profundo sobre las variaciones que se producen en este aceite a lo largo del año.

En función a todo lo anteriormente citado se entiende que el cultivo de este taxon tiene interés desde varios puntos de vista, aunque el ambiental parece ser prioritario.

Thymus pulegioides

Esta especie eurosiberiana que tiene un cierto carácter hidrófilo y acidófilo vive en gran parte del continente europeo, localizándose en la Península Ibérica en su mitad Norte, siendo la provincia de Cáceres su límite meridional.

Las poblaciones en Extremadura se encuentran dispersas por la sierras de Gata y las Hurdes, y los valles del Jerte y la Vera, las cuales suelen presentar individuos más o menos dispersos que impiden un estudio de recolección en campo que no perjudiquen su continuidad. Además poblaciones que se habían citado con anterioridad al nuestro creemos que han desaparecido a causa de modificaciones en sus medios. Para nosotros

esta especie debería ser incluida en el Catálogo Regional de especies amenazadas (Blanco et al. 2005).

Se trata de una planta potencialmente utilizable en ajardinamientos en áreas montanas o submontanas, sobre suelos ácidos, y en lugares ricos en materia orgánica y un cierto grado de humedad permanente. Su cultivo a partir de semillas exige que se realicen previamente algunas pruebas de germinación, porque las condiciones probadas por nosotros en la Memoria no han dado buenos resultados y no tenemos información de que se hayan realizado estudios de capacidad germinativa en este taxon. Posiblemente temperaturas menores produzcan mayor éxito germinativo.

El material analizado químicamente en este trabajo procede de cultivo obtenido a partir de semillas de una población silvestre, obteniéndose unos buenos resultados de rendimientos con valores en floración de 2.77 % para PE y 3.60 % para FH mientras que para fructificación se obtuvo 1.36 % para PE y 2.22 para FH. Estos buenos rendimientos podrían ser debido a las condiciones del cultivo ya que las especies pertenecientes a la sección *Serpyllum*, a la cual pertenecen *Th. pulegioides* y *Th. praecox*, suelen caracterizarse por poseer unos rendimientos más bajos que los que pertenecen a otras secciones.

El material cultivado analizado químicamente en este trabajo se caracterizó por tener como componentes principales cuatro compuestos relacionados con el anillo del cimeno (timol, carvacrol, *p*-cimeno, γ -terpineno). A pesar de no haberse podido evaluar todavía la actividad antioxidante de este aceite, es fácil suponer que ésta exista, dado la actividad antioxidante que por sí mismos poseen estos componentes.

Ello implica las posibilidades de nuevos cultivos en zonas de Extremadura situadas en los horizontes superiores del mesomediterráneo o incluso del supramediterráneo y ombroclima subhúmedo a húmedo.

Thymus villosus subsp. *lusitanicus*

Esta especie acidófila es endémica de la Península Ibérica. Su distribución se encuentra restringida a la Estremadura portuguesa y Beira Litoral, Cáceres, Ciudad Real y Toledo. En Cáceres aparece en la serranías de las Villuercas tanto en brezales más o menos aclarados como en encinares adehesados.

Se trata de un taxon de notable interés corológico, por su reducida área de distribución. El estado actual de las poblaciones es complejo debido a la escasez de individuos de esta especie en detrimento del híbrido *Th. x toletanus* (*Th. mastichina* x *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*). Incluso en muchas de estas poblaciones el híbrido ha desplazado totalmente a su parental. Por esta situación tan compleja a nuestro juicio se trata de una planta que debería incluirse en el Catálogo regional de especies amenazadas (Blanco et al. 2005).

Desde esa perspectiva resulta interesante conocer las posibilidades de cultivo de este taxon, sobre todo de cara a las actividades de restauración ambiental. Por ello son interesantes los resultados obtenidos en germinación, los cuales tuvieron una germinabilidad moderada del 35 % y una velocidad mediana ($Iv=9.00$) para el test con temperaturas alternas de 20°C 6 horas-30°C 18 horas, en oscuridad y a 40-60 % de humedad. Un pretratamiento térmico no ocasionó importantes variaciones respecto al control. Posiblemente si las temperaturas de incubación y tratamiento son de 5 ó 10 °C menos se obtengan un mayor porcentaje de germinación.

Las condiciones en las que se encontraban las poblaciones no permitían su recolección para el análisis químico, e incluso fue complicado encontrar individuos de esta especie para la recolección de semillas. Esto último unido a las germinabilidades inferiores al 50% y problemas de mantenimiento de las plántulas han impedido disponer de material en cultivo para su análisis químico con tiempo suficiente para ser incluidos en esta memoria.

Thymus zygis

Se trata de un taxon íbero-norteafricano que lo podemos encontrar desde el nivel del mar a los 1300 msm (-2000 msm). Este taxon ha sido el más complejo a nivel taxonómico por su variabilidad. Esta variabilidad puede haber sido la causante del mayor rango de diferencias observados en varios de los aspectos analizados en esta Memoria.

Existen citadas para esta especie 3 subespecies (Morales, 1986), y las 3 han sido observadas en Extremadura.

Th. zygis subsp. *zygis* forma tomillares o aparece en claros de encinares, sabinares, melojares o sabinares aguantando bien las bajas temperatura pero no tanto la sequía, por las regiones interiores de la mitad Norte de la Península Ibérica. En Extremadura es una planta relativamente escasa que aparece en la mitad Norte de la provincia de Cáceres. El material analizado por nosotros para esta subespecie presentó un aceite esencial donde los componentes mayoritarios fueron timol, *p*-cimeno y linalol. La presencia de linalol en una elevada proporción (11.63-23.73%) es un carácter discriminante, no sólo con el material estudiado en este trabajo de otras subespecies, sino con los resultados bibliográficos que hemos localizado para esta misma subespecie.

Th. zygis subsp. *gracilis* es una planta que aparece preferentemente en el Sureste peninsular sobre suelos eminentemente básico y con un rango altitudinal muy grande (0-2000 msm). Las poblaciones presentes en Extremadura son escasas y dispersas, y se localizan en el Noroeste de la provincia de Badajoz. Por su distancia respecto a la zona más común de este taxon (como dijimos el Sureste peninsular) consideramos a este taxon con un notable interés corológico por lo que debería tener algún tipo de protección. La población a la que se le analizó químicamente su aceite esencial se caracterizó por tener unos valores muy elevados de timol (70-40%), dato muy poco común no sólo para esta subespecie sino para *Th. zygis* en general.

Th. zygis subsp. *sylvestris* lo podemos encontrar en el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica. Suele preferir los suelos básicos aunque puede vivir sobre suelos neutros o ligeramente ácidos desde el nivel del mar a los 1000 msm. Aparece en gran parte de la Comunidad autónoma de Extremadura aunque es más frecuente en Badajoz que en Cáceres. Se han identificado en el material estudiado para esta subespecie 2 quimiotipos claramente diferentes. El primero y más común de ellos se caracteriza por una alta presencia de *p*-cimeno y timol. El otro quimiotipo, localizado en una población del Este de Badajoz (Cabeza del Buey), se caracterizó por tener una escasa presencia de timol (menos del 1%) y unas cantidades muy altas de carvacrol, incluso superiores al 60% del total.

Todos estos datos de variabilidad son de gran interés en el caso de que se esté interesado en el aceite esencial de esta especie por la presencia de algún componente en particular. Pero no sólo es importante la población elegida sino también el momento de la recolección, ya que nosotros hemos observado diferencias significativas en un buen número de componentes entre los estados de floración y fructificación. También son destacables las importantes variaciones que aparecen entre esos dos estados a nivel de rendimiento. Además, las diferencias interpoblacionales han sido observadas en los rendimientos en el estado de floración.

El interés por los aceites esenciales de *Th. zygis* se debe a las propiedades intrínsecas que poseen (Pina-Vaz et al. 2004; Jiménez et al. 1993). Una de ellas, la actividad antioxidante fue evaluada y los resultados dados fueron de una alta actividad, la cual está muy relacionada con la dominancia de compuestos químicos relacionados con el anillo de cimeno. Destacó entre los resultados obtenidos los datos de Badajoz, que pertenece a la subespecie *gracilis*, y que fue la que alcanzó mayor actividad.

Por todo lo anteriormente citado son muy interesantes las aportaciones sobre su multiplicación y cultivo. Los datos de germinabilidad son de interés más si cabe por la escasa información de la que se disponía. Hemos obtenido datos que van de bajos a moderados (2-68%) y unas velocidades que van de lentas a rápidas ($I_v=0.52-19.36$) con temperaturas alternas de 20°C 6 horas-30°C 18 horas, en oscuridad y a 40-60 % de

humedad, un pretratamiento térmico no ofreció importantes variaciones respecto al control. Estas variaciones observadas entre las poblaciones no sólo pueden tener una causa genética, sino otros factores complejos como las condiciones climáticas en la formación de la flor o la maduración del fruto (Buchwald & Kitkowska, 2001).

Las aportaciones dadas sobre el material cultivado son a tener en cuenta ya que los rendimientos y composición química pueden variar respecto al material silvestre. Así nosotros hemos observado diferencias significativas en los rendimientos en el estado de floración y en la composición cuantitativa de los compuestos de los aceites esenciales de *Th. zygis*.

Pero no sólo puede ser útil esta planta desde el punto de vista bromatológico, cosmético y farmacológico, sino que también por sus escasos requerimientos hídricos y su hábito postrado la hace muy apta para la xero-jardinería como planta cubridora sustitutiva de césped, e incluso para implantarla en zonas con escasa vegetación y peligro de arrastre de suelo por su capacidad tapizante y colonizadora.

6.2. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S., J. Blanco, D. García, S. García, A. B. Lucas, D. Peral, S. Ramos, F. M. Vázquez (2004). *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*. 225-227. En: Especies Protegidas de Extremadura: Flora. Indugrafic, S. L. Badajoz.
- Blanco, J., F. M. Vázquez & T. Ruiz (2005). *Thymus caespititius*, *Th. pulegioides*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* y *Thymbra capitata*: Propuestas de inclusión en el catálogo de especies protegidas. III Congreso de especies protegidas de Extremadura. Comunicación. Trujillo.
- Buchwald, W. & Kitkowska, S. 2001. Studies on sowing material of *Salvia miltiorrhiza* Bunge under laboratory conditions. *Herba Polonica* 47: 142-148.
- Cano, A., J. Hernández-Ruíz, F. García-Cánovas, M. Acosta & M. B. Arnao (1998). An End-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemical Analysis*. Vol. 9, 196-202.
- Devesa, J. A. & T. Ruiz (1995). Flora de interés medicinal. 150-166 En: J.A. Devesa. Vegetación y flora de Extremadura. Universitas Editorial. Badajoz.
- Font-Quer, P. (2001). Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Tercera edición. Ediciones Península S. A. Barcelona.
- García, M. C., D. García & F. Muñoz (1984). Avance de un estudio sobre las esencias de *Thymus mastichina* L. español (majorana de España). *An. INIA /Ser. Forestal/ N. 8*, 201-218.
- Jiménez, J., M. C. Navarro, M. P. Montilla, A. Martín & A. Martínez (1993). *Thymus zygis* oil: its effects on CC14-induced hepatotoxicity and free radical scavenger activity. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 5 (2), 153-158.

- [Morales, R. \(1986\)](#). Taxonomía de los Géneros Thymus (Excluida la Sección Serpyllum) y Thymbra en la Península Ibérica. Ruizia. Madrid. Tom. 3

- [Pina-Vaz, C., A. Gonçalves Rodríguez, E. Pinto, S. Costa de Olivera, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro, M. J. Goncalves & J. Martinez de Olivera \(2004\)](#). Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. Vol. 18 (1), 73-78.

- [Vázquez, F. M., M. A. Suárez & A. Pérez \(1997\)](#). Medicinal plants used in the Barros Area, Badajoz Province (Spain). Journal Ethnopharmacology Vol. 55, 81-85.

- [Vázquez, F. M. & D. Peral \(1999\)](#). Documentos y plantas de la medicina popular extremeña desde 1867 hasta 1998. Resvist. Est. Extremeños. Vol. 55, 59-92.

- [Vázquez, F. M. \(2005\)](#). Especies vegetales amenazadas de Extremadura: I. Leñosas. En: Conservación de la naturaleza en Extremadura Ed: J. M. López. Junta de Extremadura.

CAPÍTULO 7.
CONCLUSIONES GENERALES

7.1. CONCLUSIONES GENERALES

En lo concerniente al capítulo dedicado a la SISTEMÁTICA la realización de este trabajo ha aportado descripciones morfológicas del rango de variabilidad del material extremeño, y un análisis de la distribución, ecología y etnobotánica en nuestro territorio. En función de lo anterior se propone que se adicionen al Catálogo Regional de Especies Protegidas *Thymbra capitata*, *Thymus caespititius*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus*, *Th. pulegioides*, *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* y *Th. zygis* subsp. *gracilis*. Además se ha propuesto como nuevo taxon *Thymus caespititius* var. *albicans* J. Blanco & F. M. Vázquez var. nov.

En el capítulo sobre CAPACIDAD GERMINATIVA se ha aportado información, en muchos casos novedosa, sobre el comportamiento de las semillas en este grupo de plantas. A ese respecto puede destacarse que

1. El tratamiento aplicado, (temperaturas alternas 6 horas a 20°C, y a continuación 18 horas a 30° C, en oscuridad con un 40-60% de humedad relativa) puede considerarse recomendable para *Thymbra capitata*, *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis* y *Th. mastichina* por haberse obtenido mayoritariamente germinabilidades *altas* y velocidades *rápidas*; y no recomendable para los taxones *Th. caespititius* y *Th. pulegioides*, donde se hace necesario probar con otras condiciones, porque con estas se han obtenido germinabilidades *bajas* y velocidades *lentas*. Un pretratamiento térmico de 10-12° C durante 7 días no produjo diferencias significativas respecto al control.

2. Para *Th. villosus* subsp. *lusitanicus* y *Th. zygis* s.l. se han obtenido resultados heterogéneos, que hacen proponer el tratamiento como en principio recomendable.

3. En general es conveniente discriminar la procedencia del material, porque existe variabilidad no sólo interespecífica sino también interpoblacional.

El trabajo sobre la PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES ha aportado información que en numerosos casos es la primera realizada sobre determinados taxones o sobre material extremeño o ibérico. Destacamos los siguientes:

1. *Thymbra capitata*: Se han aportado datos sobre dos estados fenológicos diferentes, no observándose importantes diferencias entre ellos a nivel de composición. La información que se presenta sobre el comportamiento de los aceites esenciales de esta especie en cultivo no había sido estudiada con anterioridad.

2 *Thymus caespititius*: Los datos que se ofrecen sobre su aceite esencial tienen gran valor si tenemos en cuenta los escasos trabajos disponibles de esta especie en territorio peninsular. Se aporta información de rendimientos y composición química de los aceites en los estados de floración y fructificación, siendo especialmente novedosa la información relativa al último de los estados mencionados.

3. *Thymus mastichina*: El carácter novedoso de los datos aportados en esta especie comprende el estudio comparativo de los aceites esenciales, tanto a nivel de rendimiento como a nivel de composición química, del estado de floración con el de fructificación y de poblaciones silvestres con sus homólogas en cultivo, observándose diferencias estadísticamente significativas en ambos casos. A pesar de existir una cierta homogeneidad entre las poblaciones estudiadas, mediante análisis estadístico si se han observado diferencias interpoblacionales.

4. *Thymus praecox* subsp. *penyalarensis*: Este taxon no había sido analizado con anterioridad en lo que se refiere a la producción de sus aceites esenciales, por lo que toda la información ofrecida sobre él es novedosa.

5. *Thymus pulegioides*: Se desconocía información relativa a producción de aceites esenciales de esta especie a nivel peninsular, por lo que datos presentados son novedosos tanto a nivel de su composición como a nivel de rendimiento, en cultivo.

6. *Thymus zygis*: Se ha podido analizar material representativo de las 3 subespecies que están dadas para esta especie. En lo que se refiere a la composición química se ha podido observar variabilidad tanto a nivel de subespecie, como a nivel interpoblacional. Se observaron también diferencias importantes en la composición y rendimiento del aceite esencial entre diferentes estados de la planta y entre material silvestre y su homólogo en cultivo, factores escasamente estudiados con anterioridad.

Por último, en lo que concierne al trabajo de evaluación de la CAPACIDAD ANTIOXIDANTE de los aceites esenciales podemos destacar que:

1. De las especies de tomillo estudiadas, la que presenta mayor actividad antioxidante lipófila es *Thymbra capitata*. *Th. zygis* alcanza valores próximos a *Thymbra capitata* en algunas poblaciones, aunque puede llegar a tener 4 veces menos actividad. Por otro lado tenemos a *Th. mastichina* con valores 400 veces menores que *Thymbra capitata*. Ello es debido a la diferente composición química de los respectivos aceites esenciales. Cuando dominan los compuestos químicos relacionados con el anillo de cimeno, como ocurre en *Thymbra capitata* y *Th. zygis* la actividad antioxidante es mayor.

2. En *Thymbra capitata* los resultados de actividad antioxidante son similares en floración y fructificación. En el caso de *Th. zygis* subsp. *sylvestris*, es mayor en floración que en fructificación y en el de *Th. zygis* subsp. *gracilis* parece ocurrir lo contrario. Para *Th. mastichina* los resultados son dependientes de la población analizada.

3. Respecto a las diferencias interpoblacionales, cabe destacar para *Th. zygis* la población de Badajoz, que fue la que obtuvo la actividad más alta, y que fue identificada, esta población, como *Th. zygis* subsp. *gracilis*, mientras que las otras poblaciones son *Th. zygis* subsp. *sylvestris*. En *Th. mastichina* la población que alcanzó los valores más altos de actividad, tanto en floración como en fructificación, fue Los Santos de Maimona.

De todo lo anterior se deduce que los tomillos extremeños son un importante recurso fitogenético con potencialidades para ser utilizados en diversos sectores de la actividad humana, con especial atención a la comercialización de aceites esenciales y antioxidantes naturales, que son productos de alto interés cosmetológico y bromatológico.

CAPÍTULO 8.
ANEXOS

8.1. ANEXO CAPÍTULO 3.

- Datos brutos de resultados de germinación. Para la especie y población que figura en cada encabezamiento, se indica el número de semillas germinadas a lo largo de un periodo experimental de 21 días, con cada una de las cuatro réplicas. En la tabla superior aparecen los resultados obtenidos en condiciones control C y en la inferior los de las semillas sometidas a pretratamiento T.

***Thymus mastichina* 9/02 Los Santos de Maimona**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	7	6	10	2	1	0	0	1	3	2	1	1	0	1	0	3	0	1	0	1
R2	0	5	3	9	1	0	2	0	3	3	3	5	1	0	0	0	3	0	0	0	3
R3	0	6	3	8	1	0	1	2	1	2	5	3	2	0	0	0	1	3	1	0	1
R4	0	8	7	5	1	1	0	3	3	1	1	1	1	0	1	3	0	1	1	1	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	4	19	2	3	4	1	2	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0
R2	0	7	21	1	0	1	1	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
R3	0	4	23	0	0	2	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1
R4	0	6	16	0	0	1	3	1	1	1	0	3	0	2	0	1	0	2	0	0	1

***Thymus mastichina* 11/02 Santo Domingo**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	35	4	0	2	1	3	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
R2	0	1	28	1	2	2	0	4	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
R3	0	2	28	1	1	1	3	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
R4	0	5	38	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	29	4	3	5	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	2	27	1	1	7	0	2	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
R3	0	0	23	4	0	6	1	1	0	1	2	2	2	0	3	1	0	1	0	1	0
R4	0	0	22	8	1	5	0	2	2	1	0	2	1	1	2	0	2	0	0	0	0

***Thymus mastichina* 15/02 Badajoz**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	2	31	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
R2	0	0	17	1	1	2	1	1	1	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0
R3	0	2	20	0	4	3	1	1	0	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0
R4	0	0	21	2	0	3	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	13	2	1	0	2	2	1	2	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
R2	0	1	15	1	0	1	2	2	2	1	1	5	0	0	1	1	1	1	1	1	0
R3	0	0	10	2	0	1	2	3	2	1	2	1	0	3	2	2	2	0	0	0	0
R4	0	1	11	1	0	1	2	4	1	3	1	3	1	2	2	4	1	1	0	0	0

***Thymus mastichina* 16/02 El Portanchito**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	10	18	10	1	1	3	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
R2	0	8	10	6	3	1	3	1	4	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	7	15	9	2	2	1	1	1	5	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	12	14	6	0	1	4	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	9	8	12	4	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
R2	0	4	14	8	2	4	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	4	11	10	6	4	3	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	4	10	5	1	2	16	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0

***Thymus mastichina* 17/02 Alconera**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	32	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R2	0	4	38	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R3	0	1	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
R4	0	5	38	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	15	6	0	5	0	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	4	20	1	0	4	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R3	0	2	19	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
R4	0	4	24	1	0	0	0	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1

***Thymus mastichina* 18/02 Villafranca de los Barros**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	8	5	9	1	1	2	1	0	0	2	1	1	4	1	0	0	0	0	0	2
R2	0	6	10	8	0	2	2	2	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	2
R3	0	9	9	15	1	2	2	2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	6	7	5	1	0	4	4	3	0	1	1	1	8	0	0	0	0	0	0	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	7	2	8	3	7	0	0	1	0	1	0	0	4	0	2	1	2	1	0	0
R2	0	2	7	10	2	3	3	0	0	2	3	3	1	0	1	0	2	0	0	0	0
R3	0	4	4	11	2	2	4	0	0	1	2	1	1	1	2	0	2	2	0	0	1
R4	0	11	4	6	1	2	7	1	1	0	0	1	0	3	1	0	2	0	1	0	2

***Thymus mastichina* 21/02 La Garganta**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	5	20	2	0	1	1	0	5	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
R2	3	16	1	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
R3	4	27	2	2	2	1	1	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R4	3	31	4	0	1	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	3	15	2	1	6	0	5	1	2	1	1	0	1	2	0	1	0	1	1	0	1
R2	2	9	2	6	2	4	0	3	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
R3	3	13	1	3	3	0	2	6	4	2	2	4	0	0	1	1	0	2	0	0	0
R4	1	12	2	5	1	2	0	1	0	2	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1

***Thymus mastichina* 22/02 Aliseda**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	3	15	0	1	3	0	1	4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
R2	0	3	1	14	1	1	0	0	4	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
R3	0	2	5	9	0	0	2	1	2	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
R4	0	2	5	9	1	3	0	2	3	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	2	18	1	2	5	1	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	1
R2	0	1	12	3	1	2	2	2	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0
R3	0	1	17	4	0	1	1	2	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
R4	0	0	16	2	2	3	2	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

***Thymus mastichina* 10/03 Fuente del Maestro**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	5	20	0	2	2	1	3	2	3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
R2	0	2	22	0	1	1	1	4	3	3	1	1	1	3	2	1	1	0	0	0	0
R3	0	2	24	0	1	0	0	3	4	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1
R4	0	1	19	1	1	1	2	1	2	1	3	1	2	1	0	1	1	0	1	1	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	4	29	2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
R2	0	7	30	1	0	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	8	23	1	1	0	1	1	1	2	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
R4	0	5	26	2	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

***Thymus mastichina* 11/03 Alía**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	11	0	3	1	1	4	2	3	1	2	2	1	2	2	2	0	1	0	1
R2	0	2	14	0	0	2	2	1	2	0	3	2	1	1	3	1	2	1	2	1	1
R3	0	0	8	0	0	0	1	2	3	2	1	3	3	3	2	2	1	0	3	4	2
R4	0	3	13	0	1	0	0	1	1	1	0	4	3	2	1	1	1	1	2	1	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	2	16	1	0	5	5	4	1	2	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
R2	0	1	13	0	0	0	4	5	5	2	1	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
R3	0	4	11	1	0	0	5	3	2	2	2	1	1	3	3	1	0	0	0	0	1
R4	0	1	12	0	1	2	6	5	3	2	2	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0

***Thymus mastichina* 12/03 Benquerencia**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	2	30	2	0	1	1	0	1	0	2	1	2	1	0	1	1	1	1	0	1
R2	0	3	25	1	3	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	1
R3	0	4	29	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
R4	0	1	18	3	2	2	1	2	1	3	1	0	1	1	0	1	1	2	2	1	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	2	15	0	1	3	4	4	4	2	1	2	1	1	0	1	2	1	2	0	0
R2	0	6	20	3	3	0	4	4	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	18	0	2	0	1	4	4	3	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
R4	0	1	16	0	1	1	5	5	3	2	1	1	1	3	3	3	0	0	0	0	0

***Thymus mastichina* 13/03 Bienvenida**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	18	2	1	0	0	2	2	2	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1
R2	0	1	18	2	1	0	0	2	1	2	4	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
R3	0	0	15	1	0	0	3	3	3	0	0	1	0	2	2	2	1	2	1	1	0
R4	0	4	21	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2	1	2	0	0	1	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	15	2	1	2	2	1	1	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	0	0
R2	0	3	17	0	1	3	2	1	1	2	2	2	1	0	1	0	1	1	1	0	0
R3	0	4	7	1	0	0	4	4	3	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1	0	0
R4	0	1	10	2	1	2	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	0	1	0	0	1

***Thymus pulegioides* 19/02 Piornal**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

***Thymus pulegioides* 20/02 La Garganta**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	1	13	2	1	1	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	5	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
R3	0	0	1	11	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	1	2	10	1	0	0	0	2	1	2	1	0	1	0	3	0	1	0	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	2	0	2	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	2	5	1	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
R3	0	0	1	2	4	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	1	2	1	2	2	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0

***Thymus villosus* subsp. *lusitanicus* 16/03 Alía**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	9	4	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	11	3	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
R4	0	0	12	6	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	8	5	2	0	3	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	7	5	1	2	0	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	1	9	3	4	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R4	0	2	10	2	1	1	1	1	0	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0

***Thymus zygis* subsp. *sylvestris* 8/02 Los Santos de Maimona**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	5	0	9	2	2	5	1	0	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0
R2	0	0	3	3	5	2	1	2	1	0	1	0	2	1	2	1	0	1	1	0	0
R3	0	0	2	6	16	3	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0
R4	0	0	3	4	12	3	2	6	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	6	8	10	2	3	4	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	3	9	7	2	1	3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
R3	0	1	5	8	8	2	1	2	1	4	2	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0
R4	0	0	2	8	7	2	2	4	2	3	3	8	2	0	0	0	0	0	1	0	0

***Thymus zygis* subsp. *sylvestris* 13/02 Solana de los Barros**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

***Thymus zygis* subsp. *sylvestris* 8/03 Cabeza del Buey**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	6	20	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
R2	0	7	22	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
R3	0	2	9	8	5	3	0	1	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	0	0	1
R4	0	3	17	1	0	1	0	2	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	18	1	2	0	0	2	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	4	19	1	0	0	0	1	1	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1
R3	0	1	13	1	1	0	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R4	0	2	20	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

***Thymus zygis* subsp. *gracilis* 14/02 Badajoz**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	5	6	6	5	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R4	0	0	1	2	2	5	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	6	5	1	2	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	8	2	3	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	7	3	5	5	5	0	2	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

***Thymus zygis* subsp. *zygis* 9/03 La Garganta**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

***Thymbra capitata* 33/02 Villafranca de los Barros**

CONTROL (C)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	1	7	11	15	7	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
R2	0	0	4	14	14	9	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	6	9	16	6	4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	2	5	20	6	5	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

PRETRATAMIENTO (T)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
R1	0	3	3	9	12	4	3	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	2	12	12	5	2	1	1	2	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	1	6	12	14	3	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	3	4	14	12	1	2	0	0	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

8.2. ANEXO I CAPÍTULO 4.

- En este anexo se representan, para cada especie y población, los tiempos de retención (Tiempo) y porcentajes respecto al total (Área) de cada uno de los picos observados en los análisis cromatográficos. Los picos no identificados se denominaron n.i.

<i>Thymus masticchina</i>	La Garganta						La Garganta Cultivo							
	floración			fructificación			floración			fructificación				
	2003		2004		2002		2003		2004		2003		2004	
	Tiempo	Área	Tiempo	Área	Tiempo	Área	Tiempo	Área	Tiempo	Área	Tiempo	Área	Tiempo	Área
n.i.	15,54	0,04												
α-pineno	18,56	0,40	18,52	0,41	17,82	0,58	18,42	0,22	18,35	0,26	18,34	0,27	18,53	0,40
canfeno	19,00	2,83	18,96	3,10	18,35	4,00	19,08	3,17	18,96	4,15	18,77	4,63	19,05	4,33
β-pineno	19,73	1,43	19,68	1,54	19,06	2,50	19,81	1,61	19,69	2,28	19,65	1,53	19,78	1,67
sabineno	20,60	2,32	20,57	2,40	19,93	1,37	20,70	1,91	20,58	2,11	20,53	2,74	20,66	3,63
β-circeno	20,95	4,70	20,91	5,36	20,26	5,64	21,03	5,23	20,92	6,60	20,87	6,20	21,00	7,75
n.i.											21,78	0,12		
n.i.														
limoneno+ l-8 cineol	23,51	71,90	23,50	70,70	22,72	73,80	23,59	73,10	23,63	68,78	23,45	66,75	23,57	66,30
α-terpineno	25,01	0,76	24,45	0,43	23,75	0,73	24,56	0,49	24,47	0,59	24,91	0,72	24,25	0,35
terpinoleno	25,14	0,47	24,98	0,43			24,99	0,41	24,98	0,18	25,17	0,81	24,73	0,76
linalol	26,23	2,94	26,20	3,46	25,48	0,95	26,30	2,24	26,19	2,19	26,15	3,22	25,96	1,98
n.i.	27,07	0,04					26,99	0,07					26,60	0,20
n.i.													27,44	0,16
n.i.			28,95	0,21	28,16	0,25	28,90	0,15	29,00	0,23	29,02	0,22		
borneol	29,28	0,72	29,25	0,48	28,53	0,70	29,36	0,80	29,23	0,65	29,30	0,30	28,68	0,26
n.i.													28,93	0,22
terpinen-4-ol	30,28	4,08	30,27	4,55	29,51	4,98	30,36	4,28	30,30	4,82	30,20	4,31	30,05	4,75
terpineol	30,76	0,93	30,75	0,33	29,98	1,27	30,81	1,04	30,73	1,20	30,67	0,68	30,46	0,68
α-terpineol	31,38	2,89	31,36	3,22	30,59	2,74	31,45	2,99	31,38	3,42	31,29	3,79	31,14	3,47
n.i.							32,53	0,20					32,43	0,17
n.i.							33,30	0,17					33,22	0,18
n.i.							33,87	0,26					33,75	0,32
n.i.							34,81	0,04					34,73	0,10
n.i.	36,30	1,04	36,26	0,63	35,50	0,30	36,36	0,80	36,23	0,46	36,30	0,34	35,93	0,70
n.i.														
n.i.			37,72	0,52			37,48	0,47	37,67	0,40	37,75	0,52	37,36	0,51
n.i.	39,35	1,90	39,33	1,87	38,51	0,85	39,40	1,85	39,30	1,36	39,25	1,71	39,00	1,86
n.i.							40,21	0,05					40,13	0,10
n.i.							41,48	0,08						
n.i.														
n.i.							43,34	0,38	43,59	0,27	43,54	0,69	43,25	0,32
n.i.							44,63	0,06						
n.i.							45,37	0,06						
n.i.							46,27	0,13					46,18	0,18
n.i.														
n.i.							47,94	0,05						
n.i.														
n.i.	49,62	0,70	49,61	0,45			49,27	0,30	49,53	0,27	49,65	0,73	49,16	0,61
n.i.							49,31	0,21						
n.i.														
n.i.	51,58	0,53					51,51	0,56						
n.i.														
n.i.	51,93	0,39					51,81	0,24			51,90	0,66	51,77	0,33
n.i.														
n.i.	53,78	0,19												
n.i.														
n.i.							53,65	0,11					54,49	0,17
n.i.							53,69	0,09					54,99	0,13
n.i.	54,65	0,27					54,67	0,37						
n.i.	55,15	0,20					55,13	0,26						

<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>penyvalarensis</i>	El Calvitero					
	floración			fructificación		
	Tiempo	Área		Tiempo	Área	
a-pineno	18,38	0,73				
sabineno	18,78	2,44		19,06		2,85
b-pineno	19,55	3,32		19,79		4,95
b-mirceno	20,82	9,22		20,83		8,99
limoneno+1,8 cineol				21,14		4,36
p-cimeno	23,27	16,90		22,99		21,79
cis-b-ocimeno	25,06	16,18		23,45		11,40
g-terpineno	26,13	0,86		24,56		9,35
n.i.	29,15	0,69				
a-terpineol	30,52	8,14		30,41		10,59
n.i.	33,66	0,67				
timol	37,46	18,60		36,13		4,17
carvacrol	38,21	11,66		36,80		17,65
n.i.	39,20	0,33				
n.i.	39,78	0,10				
n.i.	40,66	0,20				
n.i.	43,97	5,28		43,75		3,88
n.i.	45,27	0,28				
n.i.	46,46	0,28				
n.i.	47,36	3,05				
n.i.	48,03	0,19				
n.i.	51,67	0,68				
n.i.	53,85	0,17				

<i>Thymus pulegioides</i>	La Garganta (cultivo)					
	floración			fructificación		
	2004			2004		
	tiempo	área		tiempo	área	
a-pineno	18,25	1,23		18,15	0,94	
canfeno	18,61	1,27		18,55	1,41	
b-pineno	19,31	0,30		19,20	0,48	
sabineno				20,06	0,66	
b-mirceno	20,63	3,56		20,56	1,50	
limoneno+1,8 cineol				20,98	1,27	
p-cimeno	22,77	13,54		23,60	31,93	
g-terpineno	24,80	22,06		24,87	8,69	
linalol	25,73	0,25		25,92	1,01	
a-terpineol	31,53	0,96		31,99	1,13	
citronelol	32,73	1,70				
geraniol	33,28	3,28		33,49	5,61	
timol	37,38	42,90		37,25	18,23	
carvacrol	37,76	4,48		37,98	17,90	
n.i.				38,34	3,21	
n.i.	40,16	0,07				
n.i.				40,75	0,78	
n.i.				41,64	0,09	
b-cariofileno	43,31	3,30		43,67	2,57	
n.i.	44,67	0,14		45,00	0,08	
n.i.	45,41	0,13		45,72	0,06	
n.i.	46,52	0,68		46,88	0,80	
n.i.						
n.i.	47,43	0,16		47,72	0,11	
n.i.				48,84	0,14	
n.i.				51,48	1,04	
n.i.				53,57	0,13	
n.i.				54,36	0,08	
n.i.				54,98	0,11	

<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	La Albuera											
	floración						fructificación					
	2002		2003		2002		2003		2002		2003	
	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area
a-pineno	17,89	1,07	18,28	0,59	17,91	0,93	18,31	0,71	17,91	0,93	18,31	0,71
canfeno	18,31	2,27	18,71	1,37	18,32	1,98	18,74	1,74	18,32	1,98	18,74	1,74
b-pineno	19,03	3,00	19,44	1,42	19,04	3,24	19,47	2,37	19,04	3,24	19,47	2,37
sabineno												
b-mirceno	20,27	2,52	20,68	2,15	20,26	1,89	20,72	2,15	20,26	1,89	20,72	2,15
n.i.												
limoneno+1,8-cineol	21,80	1,36	22,28	1,14								
p-cimeno	22,19	33,98	22,73	21,13	22,22	43,31	22,99	37,02	22,22	43,31	22,99	37,02
cis-b-ocimeno	22,60	1,55	23,09	1,16	22,64	4,86	23,32	4,46	22,64	4,86	23,32	4,46
g-terpineno	23,75	13,27	24,27	10,12	23,74	4,67	24,28	2,94	23,74	4,67	24,28	2,94
n.i.												
n.i.							24,84	0,32			24,84	0,32
linalol	25,47	4,77	25,97	3,83	25,48	5,34	26,12	6,06	25,48	5,34	26,12	6,06
n.i.							27,35	0,06			27,35	0,06
borneol	28,50	1,34			28,52	2,35	29,07	2,90	28,52	2,35	29,07	2,90
n.i.												
terpinen-4-ol	29,48	2,95	30,03	2,02	29,49	4,26	30,07	3,10	29,49	4,26	30,07	3,10
n.i.												
a-terpineol	29,96	0,71			30,01	0,78			30,01	0,78		
n.i.												
n.i.							31,07	0,50			31,07	0,50
n.i.							31,39	0,28			31,39	0,28
n.i.							32,24	0,12			32,24	0,12
n.i.												
nerol			33,43	0,41				0,88			33,46	0,88
n.i.												
n.i.												
timol	35,30	29,49	36,37	51,76	35,30	23,81	36,39	29,94	35,30	23,81	36,39	29,94
carvacrol	35,82	1,71	36,72	1,52	35,81	1,86	36,76	1,55	35,81	1,86	36,76	1,55
n.i.							39,14	0,24			39,14	0,24
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.												
t-cariofileno			43,30	1,34			43,31	0,67			43,31	0,67
n.i.			46,80	0,09			46,79	0,11			46,79	0,11
n.i.			47,88	0,14			47,93	0,19			47,93	0,19
n.i.												
n.i.			51,40	0,69	50,82	0,71	51,44	1,16			51,44	1,16

<i>Th. zygis</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Cabeza del Buey											
	floración						fructificación					
	2003		2004		2004		2004		2004		2004	
	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area
a-pineno	18,26	0,37	17,84	0,43	18,31	0,74	17,97	0,47	18,31	0,74	17,97	0,47
canfeno	18,70	1,04	18,26	0,68	18,74	1,69	18,38	1,04	18,74	1,69	18,38	1,04
b-pineno	19,42	0,90	18,97	0,78	19,46	2,49	19,11	1,54	19,46	2,49	19,11	1,54
sabineno	20,08	0,32	19,63	0,30	20,09	0,27	19,75	0,22	20,09	0,27	19,75	0,22
b-mirceno	20,66	2,48	20,24	1,85	20,71	2,09	20,36	1,47	20,71	2,09	20,36	1,47
n.i.			21,21	0,17	21,61	0,15			21,61	0,15		
limoneno+1,8-cineol	22,21	1,37	21,75	1,38	22,26	1,06	21,91	0,66	22,26	1,06	21,91	0,66
p-cimeno	22,61	13,92	22,12	9,92	22,66	18,91	22,31	22,82	22,66	18,91	22,31	22,82
cis-b-ocimeno	23,05	3,37										
g-terpineno	24,21	11,62	23,73	12,17	24,24	12,40	23,86	7,80	24,24	12,40	23,86	7,80
n.i.												
n.i.					24,72	0,33			24,72	0,33		
linalol	25,91	2,17	25,44	2,19	25,92	2,88	25,59	2,99	25,92	2,88	25,59	2,99
n.i.												
borneol												
n.i.												
terpinen-4-ol	30,01	2,74	29,49	1,49	30,00	4,60	29,66	3,54	30,00	4,60	29,66	3,54
n.i.	30,44	0,59			30,45	0,61	30,09	0,79	30,45	0,61	30,09	0,79
a-terpineol												
n.i.												
n.i.			30,59	1,97	31,06	0,81			31,06	0,81		
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.												
nerol									34,07	2,03		
n.i.												
n.i.												
timol	35,82	0,81	35,25	0,60	35,79	0,47	35,46	0,67	35,79	0,47	35,46	0,67
carvacrol	36,74	56,45	36,15	61,61	36,64	42,46	36,37	53,53	36,64	42,46	36,37	53,53
n.i.												
n.i.	39,08	0,71	38,55	2,97	39,06	2,10	38,70	0,45	39,06	2,10	38,70	0,45
n.i.					40,21	2,44			40,21	2,44		
n.i.												
n.i.												
t-cariofileno	43,34	1,12	42,75	1,47	43,30	0,74	42,93	1,04	43,30	0,74	42,93	1,04
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.	51,47	0,41			51,42	0,56	51,05	0,97	51,42	0,56	51,05	0,97

<i>Th. zygis</i> subsp. <i>zygis</i>	La Garganta											
	floración						fructificación					
	2003		2004		2003		2004		2003		2004	
	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area	Tiempo	Area
a-pineno	18,29	0,63	18,23	0,42	18,31	0,72	18,49	0,77	18,31	0,72	18,49	0,77
canfeno	18,72	1,57	18,66	1,11	18,74	2,15	18,93	1,86	18,74	2,15	18,93	1,86
b-pineno	19,44	2,58	19,39	1,74	19,47	3,73	19,66	3,00	19,47	3,73	19,66	3,00
sabineno			20,00	0,24			20,27	0,25			20,27	0,25
b-mirceno	20,70	1,83	20,64	1,51	20,71	2,11	20,91	2,04	20,71	2,11	20,91	2,04
n.i.					21,68	0,17						
limoneno+1,8-cineol	22,34	0,95	22,25	0,39	22,28	0,23	22,53	0,54	22,28	0,23	22,53	0,54
p-cimeno	22,61	16,69	22,57	16,21	22,78	28,71	22,89	29,83	22,78	28,71	22,89	29,83
cis-b-ocimeno												
g-terpineno	22,17	5,96	24,12	3,02	24,19	2,12	24,41	3,34	24,19	2,12	24,41	3,34
n.i.												
n.i.					24,86	0,77						
linalol	26,00	13,35	26,03	23,73	26,12	12,65	26,22	11,63	26,12	12,65	26,22	11,63
n.i.												
borneol					29,01	1,03						
n.i.												
terpinen-4-ol	29,99	5,01	29,96	4,60	30,13	7,83	30,29	6,06	30,13	7,83	30,29	6,06
n.i.	30,41	0,51	30,34	0,50	30,41	0,56	30,58	0,80	30,41	0,56	30,58	0,80
a-terpineol												
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.												
nerol	33,92	7,01	33,89	6,53	33,81	0,42	34,17	3,03	33,81	0,42	34,17	3,03
n.i.												
timol	35,92	29,40	35,87	29,14	36,09	23,25	36,18	30,29	36,09	23,25	36,18	30,29
carvacrol	36,38	1,75	36,36	2,63	36,54	2,14	36,67	2,59	36,54	2,14	36,67	2,59
n.i.												
n.i.												
n.i.	40,29	11,65	40,21	8,23	40,34	6,27	40,52	3,98	40,34	6,27	40,52	3,98
n.i.												
n.i.												
t-cariofileno	43,29	1,12			43,31	0,84	44,08	1,52	43,31	0,84	44,08	1,52
n.i.												
n.i.												
n.i.												
n.i.	51,41	0,68			51,44	1,31	52,22	1,43	51,44	1,31	52,22	1,43

8.3. ANEXO II CAPÍTULO 4.

- Se presentan los Autovalores, Lambda de Wilks y Matrices de Estructura de los análisis discriminantes y, el Historial de Conglomeración de los dendrogramas, realizados para el análisis estadístico interpoblacional de la composición química de los aceites esenciales.

Figura 24. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de floración y fructificación juntos.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	15.810 ^a	70.9	70.9	.970
2	2.136 ^a	9.6	80.5	.825
3	1.468 ^a	6.6	87.1	.771
4	1.019 ^a	4.6	91.7	.711
5	.755 ^a	3.4	95.1	.656
6	.484 ^a	2.2	97.2	.571
7	.210 ^a	.9	98.2	.416
8	.193 ^a	.9	99.0	.402
9	.146 ^a	.7	99.7	.357
10	.036 ^a	.2	99.8	.186
11	.030 ^a	.1	100.0	.170
12	.005 ^a	.0	100.0	.071

^a. Se han empleado las 12 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 12	.001	312.434	156	.000
2 a la 12	.014	188.267	132	.001
3 a la 12	.043	137.978	110	.037
4 a la 12	.107	98.236	90	.259
5 a la 12	.217	67.310	72	.634
6 a la 12	.380	42.551	56	.907
7 a la 12	.564	25.178	42	.981
8 a la 12	.683	16.806	30	.975
9 a la 12	.814	9.059	20	.982
10 a la 12	.933	3.053	12	.995
11 a la 12	.966	1.507	6	.959
12	.995	.223	2	.894

Matriz de estructura

	Función											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
terp-4-ol	.648*	.068	-.037	.160	-.316	-.340	-.173	.002	-.241	-.278	-.067	-.005
b-pineno	.573*	.392	.101	-.300	-.048	-.012	.082	.065	.053	-.347	-.173	-.497
BORNEOL	.256	.212	-.480*	.315	-.220	.477	.338	-.100	.309	.110	.107	-.030
MIRCENO	-.111	.234	.009	.018	.010	-.259	-.214	.784*	.424	-.127	-.053	.079
CANFENO	.045	.270	.177	.063	-.093	-.216	-.134	.631*	.488	-.389	.115	.053
SABINENO	-.071	.094	-.104	-.099	.122	-.065	-.151	.603*	-.062	.398	.165	.194
limoneno+1-8cineol	-.135	-.214	.256	-.032	.202	.067	.429	-.499*	.044	-.100	.301	-.454
terpinoleno	-.019	.237	-.232	-.345	-.073	.356	-.070	.303	-.519*	.367	.102	.034
a-pineno	.092	.041	.030	-.115	-.097	-.045	-.018	-.104	.516*	.197	-.008	.344
LINALOL	.107	-.118	.184	.228	-.041	.391	-.126	-.036	-.229	.625*	-.443	.220
terpineol	-.011	-.209	-.078	.139	.061	.030	.250	-.265	.434	-.624*	-.131	.301
g-terpineno	.008	-.109	.039	-.034	.083	.395	-.376	-.377	.330	-.443*	.004	-.065
a-terpineol	-.273	.346	-.311	.132	.185	-.139	-.243	-.111	.004	-.015	-.217	.559*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas
Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Figura 25. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de floración.

Figura 26. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* con datos de fructificación.

Autovalores

Estado fenolo	Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
floración	1	341.734 ^a	69.2	69.2	.999
	2	123.093 ^a	24.9	94.1	.996
	3	15.765 ^a	3.2	97.3	.970
	4	5.943 ^a	1.2	98.5	.925
	5	4.223 ^a	.9	99.4	.899
	6	1.551 ^a	.3	99.7	.780
	7	.701 ^a	.1	99.8	.642
	8	.429 ^a	.1	99.9	.548
	9	.222 ^a	.0	99.9	.426
	10	.165 ^a	.0	100.0	.377
	11	.081 ^a	.0	100.0	.274
	12	.003 ^a	.0	100.0	.057
fructificación	1	129.130 ^b	78.6	78.6	.996
	2	19.580 ^b	11.9	90.5	.975
	3	6.462 ^b	3.9	94.4	.931
	4	3.386 ^b	2.1	96.5	.879
	5	2.769 ^b	1.7	98.2	.857
	6	1.064 ^b	.6	98.8	.718
	7	.752 ^b	.5	99.3	.655
	8	.647 ^b	.4	99.7	.627
	9	.300 ^b	.2	99.9	.481
	10	.130 ^b	.1	100.0	.339
	11	.072 ^b	.0	100.0	.260
	12	.005 ^b	.0	100.0	.069

a. Se han empleado las 12 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis para el archivo segmentado Estado fenolo=floración.

b. Se han empleado las 12 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis para el archivo segmentado Estado fenolo=fructificación.

Lambda de Wilks

Estado fenolo	Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
floración	1 a la 12	.000	289.901	156	.000
	2 a la 12	.000	202.347	132	.000
	3 a la 12	.000	130.031	110	.093
	4 a la 12	.003	87.742	90	.548
	5 a la 12	.020	58.677	72	.871
	6 a la 12	.104	33.880	56	.992
	7 a la 12	.267	19.833	42	.999
	8 a la 12	.453	11.863	30	.999
	9 a la 12	.648	6.512	20	.998
	10 a la 12	.791	3.509	12	.991
	11 a la 12	.922	1.215	6	.976
	12	.997	.048	2	.976
fructificación	1 a la 12	.000	224.286	156	.000
	2 a la 12	.000	151.258	132	.120
	3 a la 12	.001	105.893	110	.593
	4 a la 12	.006	75.745	90	.859
	5 a la 12	.028	53.570	72	.949
	6 a la 12	.106	33.666	56	.992
	7 a la 12	.219	22.794	42	.993
	8 a la 12	.383	14.379	30	.993
	9 a la 12	.632	6.893	20	.997
	10 a la 12	.821	2.955	12	.996
	11 a la 12	.928	1.119	6	.981
	12	.995	.072	2	.965

Matrices de estructura

Para Estado fenolo=floración

Estado fenc	Función											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
floración b-pineno	.081	.107	-.101	-.434*	-.098	.432	-.369	.010	-.058	-.018	-.406	-.233
g-terpineno	.010	.031	-.045	.063	.205	-.513*	-.505	-.267	.364	-.039	-.015	.078
BORNEOL	.133	-.058	.016	-.451	-.247	.200	-.589*	-.472	.218	.179	.062	-.148
a-terpineol	-.024	-.052	.184	.036	.292	.103	.549*	-.088	-.173	-.474	.453	.253
terp-4-ol	.129	.116	-.242	-.415	-.357	-.340	.476*	-.003	-.226	.027	.095	.079
SABINENO	.003	-.007	.098	.257	.001	.295	.423*	.292	.261	-.413	-.344	-.254
terpinoleno	.008	.032	.097	.008	.085	.156	-.283	-.776*	-.225	.022	-.342	.283
LINALOL	.040	.000	-.201	.040	.163	-.233	-.277	-.204	-.685*	-.078	.422	.267
CANFENO	.007	-.020	-.035	.030	.008	.496	.285	.307	.544*	-.116	-.442	-.262
MIRCENO	-.017	-.037	.039	.157	.041	.486	.444	.189	.499*	-.315	-.334	-.035
limoneno+1-8cir	-.052	.005	.125	.015	.099	-.252	-.283	.538	.129	.714*	-.075	-.016
a-pineno	.021	.038	-.055	-.035	-.201	.028	.095	-.490	.171	.143	.669*	.450
terpineol	.001	-.040	-.007	.003	.025	-.283	.268	-.172	.318	.352	.597*	-.484

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas
Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*.Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Para Estado fenolo=fructificación

Estado fenc	Función											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fructificación SABINENO	-.050	-.096	.034	.090	.304	-.158	.754*	-.259	-.274	.340	.047	.046
limoneno+1-8cir	-.028	.257	.113	.213	-.318	.096	-.589*	-.336	.232	.286	.342	-.223
LINALOL	.066	.059	-.077	-.046	-.116	.325	.571*	.468	.161	-.048	-.388	-.375
b-pineno	.283	-.413	-.220	.151	-.182	-.058	-.468*	.242	.033	.445	.136	.079
g-terpineno	-.026	.103	-.097	-.041	-.034	.113	-.390	.799*	.074	.149	.268	.252
a-pineno	.016	-.073	-.013	.014	-.075	-.164	.036	.669*	.146	-.063	-.302	.080
CANFENO	.030	-.181	.154	.012	.016	-.386	.239	.597*	-.148	.134	.469	-.203
MIRCENO	-.047	-.148	.199	-.034	.331	-.423	.503	.533*	-.080	.092	.065	-.280
terpineol	.011	.185	-.146	-.159	.063	-.292	-.428	.351	.507*	-.163	.422	-.246
BORNEOL	.060	-.081	-.228	-.035	.139	.220	-.087	.031	.195	-.294	.664*	.027
terpinoleno	-.042	-.142	-.059	.153	.135	.088	.473	-.301	.023	-.144	-.469	.588*
terp-4-ol	.252	-.290	-.078	-.054	.062	.051	-.374	.148	-.194	.083	-.246	.489*
a-terpineol	-.175	-.051	.183	-.374	.431	.156	.188	.099	.073	-.348	-.332	.461*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas
Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*.Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Figura 27. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* el año 2003 en floración.

Figura 28. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. mastichina* el año 2003 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado fenolo	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
1	1	10	30	.728	0	0	3
	2	28	32	1.720	0	0	7
	3	6	10	2.027	0	1	6
	4	2	23	2.118	0	0	8
	5	18	26	2.398	0	0	6
	6	6	18	3.013	3	5	7
	7	6	28	5.951	6	2	9
	8	2	14	6.062	4	0	9
	9	2	6	8.801	8	7	11
	10	16	19	13.987	0	0	12
	11	2	8	19.808	9	0	12
	12	2	16	31.555	11	10	0
2	1	65	69	1.600	0	0	5
	2	40	44	1.626	0	0	3
	3	40	53	2.880	2	0	7
	4	42	59	3.023	0	0	6
	5	63	65	3.736	0	1	7
	6	42	49	4.253	4	0	11
	7	40	63	5.203	3	5	9
	8	35	67	8.225	0	0	9
	9	35	40	13.325	8	7	10
	10	35	55	27.586	9	0	11
	11	35	42	35.767	10	6	12
	12	35	51	76.450	11	0	0

Figura 29. Análisis discriminante de las poblaciones cultivadas de *Th. mastichina* con datos de floración y fructificación.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	471.472 ^a	96.8	96.8	.999
2	14.915 ^a	3.1	99.9	.968
3	.482 ^a	.1	100.0	.570

a. Se han empleado las 3 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 3	.000	46.592	24	.004
2 a la 3	.042	15.802	14	.326
3	.675	1.966	6	.923

Matriz de estructura

	Función		
	1	2	3
b-pineno	.106	-.586*	-.280
terp-4-ol ^a	.099	-.469*	-.306
a-pineno	.031	-.334*	.271
BORNEOL ^a	-.031	.319*	-.310
SABINENO	.015	.139*	.019
MIRCENO	-.004	.098*	-.046
g-terpineno	-.002	-.140	.649*
terpinoleno ^a	.042	.276	-.568*
terpineol ^a	.040	-.299	.442*
limoneno+1-8cineol	-.070	.153	.417*
a-terpineol ^a	-.007	.103	-.373*
CANFENO	.019	.025	-.082*
LINALOL	.021	-.033	.060*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.

Figura 30. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de floración y fructificación.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	249.687 ^a	85.9	85.9	.998
2	22.506 ^a	7.7	93.6	.978
3	12.203 ^a	4.2	97.8	.961
4	4.254 ^a	1.5	99.3	.900
5	1.320 ^a	.5	99.8	.754
6	.695 ^a	.2	100.0	.640

a. Se han empleado las 6 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 6	.000	321.524	108	.000
2 a la 6	.000	197.229	85	.000
3 a la 6	.004	126.191	64	.000
4 a la 6	.048	68.132	45	.015
5 a la 6	.254	30.805	28	.326
6	.590	11.870	13	.538

Matriz de estructura

	Función					
	1	2	3	4	5	6
LINALOL	.024	-.377*	.176	-.204	.076	.228
TIMOL	.105	.182*	.016	.103	.144	-.037
limoneno+1-8cineol	-.007	.119*	-.013	-.023	.092	.116
A	-.013	-.110	.647*	.107	-.069	-.196
NEROL	-.006	-.182	.478*	.123	.066	-.111
BORNEOL	.026	-.112	-.156*	.012	.064	-.015
g-terpineno	-.019	.059	-.084*	.007	-.004	.000
carvacrol	-.401	.365	-.088	-.469*	.243	.309
terp-4-ol	-.020	-.179	.136	.308*	.126	-.172
cis b-ocymeno	.016	-.094	-.119	-.247*	-.102	.128
SABINENO	-.011	.030	.015	-.244*	.019	.137
CANFENO	.014	-.114	-.027	.106	-.366*	.169
a-pineno	.003	-.243	-.131	.210	-.323*	.114
b-pineno	.001	-.142	.002	.140	-.217*	.086
p-cimeno	.024	-.064	-.085	.128	-.170*	-.108
t-cariofileno	-.026	.097	.131	-.097	.093	-.251*
a-terpineol	-.017	-.118	.023	-.031	-.098	-.188*
b-myrceno	.006	.014	-.048	-.113	-.086	.118*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Figura 31. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de floración.

Figura 32. Análisis discriminante de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* con datos de fructificación.

Autovalores

Estado fenológico	Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
floración	1	49.443 ^a	63.2	63.2	.990
	2	18.060 ^a	23.1	86.3	.973
	3	5.379 ^a	6.9	93.2	.918
	4	2.967 ^a	3.8	96.9	.865
	5	1.624 ^a	2.1	99.0	.787
	6	.768 ^a	1.0	100.0	.659
fructificación	1	947.259 ^b	94.4	94.4	.999
	2	30.017 ^b	3.0	97.4	.984
	3	16.835 ^b	1.7	99.1	.972
	4	7.264 ^b	.7	99.8	.938
	5	1.680 ^b	.2	100.0	.792
	6	.186 ^b	.0	100.0	.396

a. Se han empleado las 6 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis para el archivo segmentado Estado fenológico=floración.

b. Se han empleado las 6 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis para el archivo segmentado Estado fenológico=fructificación.

Lambda de Wilks

Estado fenológico	Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
floración	1 a la 6	.000	93.071	66	.016
	2 a la 6	.000	61.705	50	.124
	3 a la 6	.009	38.124	36	.373
	4 a la 6	.054	23.300	24	.502
	5 a la 6	.216	12.276	14	.584
	6	.566	4.558	6	.602
fructificación	1 a la 6	.000	131.510	66	.000
	2 a la 6	.000	76.673	50	.009
	3 a la 6	.002	49.197	36	.070
	4 a la 6	.038	26.147	24	.346
	5 a la 6	.315	9.252	14	.815
	6	.843	1.364	6	.968

Matrices de estructura

Para Estado fenológico=floración

Estado fenológico		Función					
		1	2	3	4	5	6
floración	A ^a	-.602*	-.024	-.359	.071	.273	.095
	NEROL ^a	-.552*	-.014	-.477	-.083	-.156	-.439
	LINALOL	.274*	-.036	-.103	-.179	-.114	-.028
	t-cariofileno ^a	-.095	.569*	-.522	.278	-.084	-.034
	a-terpineol ^a	.318	-.466*	.162	.261	.349	.136
	a-pineno	.095	-.298*	.152	-.051	.065	.208
	b-pineno	.049	-.182	-.408*	-.209	.340	.365
	carvacrol ^a	-.175	.186	.319*	-.184	-.284	-.030
	BORNEOL	-.005	-.198	.378	-.443*	.224	.212
	terp-4-ol ^a	-.153	.029	.224	-.296*	.164	-.264
	SABINENO	.034	.174	.090	.253*	.251	.202
	limoneno+1-8cineol	-.178	.205	.092	.133	.578*	.057
	CANFENO	.034	-.097	-.099	-.092	.533*	.165
	g-terpineno	-.153	-.005	.098	.173	.502*	.481
	b-myrceno	-.026	.091	.142	.133	.421*	.109
	cis b-ocymeno	.098	.015	.258	.172	.401*	.266
	TIMOL ^a	.002	.082	-.237	.107	-.377*	.042
p-cimeno	.010	-.237	.168	-.142	.066	-.589*	

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.

Para Estado fenológico=fructificación

Estado fenológico		Función					
		1	2	3	4	5	6
fructificación	terp-4-ol ^a	.607*	.400	-.041	-.220	-.107	-.216
	BORNEOL ^a	-.578*	-.095	-.002	-.115	.492	.400
	carvacrol ^a	-.414	-.485*	-.237	.275	-.231	-.209
	a-terpineol ^a	.000	.298*	-.252	-.053	-.117	-.271
	LINALOL	.079	.274	.275*	.072	-.151	-.070
	A ^a	.365	.225	-.082	-.579*	.265	.453
	cis b-ocymeno	.033	-.063	-.069	.165*	-.078	-.022
	CANFENO	.037	.062	.033	-.046	.703*	.077
	a-pineno	.042	.044	-.045	-.118	.641*	-.553
	TIMOL ^a	-.035	.053	.131	.110	-.631*	-.114
	b-pineno	.042	.154	.012	.014	.592*	.179
	p-cimeno	.034	-.128	.005	.084	.391*	.270
	b-myrceno	.016	.008	.027	-.022	.254*	-.069
	NEROL	.010	.187	.190	-.359	.229	.510*
	limoneno+1-8cineol	-.040	.030	-.005	.004	.173	-.451*
	SABINENO	-.007	.018	-.027	-.062	-.059	-.442*
	g-terpineno	-.014	.085	-.139	-.012	.055	-.385*
t-cariofileno ^a	-.174	-.299	.127	.075	-.158	-.301*	

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.

Figura 33. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* el año 2003 en floración

Figura 34. Dendrograma de las poblaciones silvestres de *Th. zygis* el año 2003 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado fenológico	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
floración	1	2	12	99.676	0	0	2
	2	2	6	128.054	1	0	4
	3	8	20	178.955	0	0	4
	4	2	8	295.354	2	3	5
	5	2	17	537.107	4	0	6
	6	2	15	4673.049	5	0	0
fructificación	1	29	31	39.373	0	0	2
	2	24	29	92.400	0	1	3
	3	24	42	265.236	2	0	4
	4	24	45	294.745	3	0	5
	5	24	36	1704.881	4	0	6
	6	24	40	3317.123	5	0	0

Figura 35. Análisis discriminante de las poblaciones cultivadas de *Th. zygis* con datos de floración y fructificación.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	205.431 ^a	96.6	96.6	.998
2	6.503 ^a	3.1	99.6	.931
3	.831 ^a	.4	100.0	.674

a. Se han empleado las 3 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 3	.000	39.750	24	.023
2 a la 3	.073	13.100	14	.519
3	.546	3.024	6	.806

Matriz de estructura

	Función		
	1	2	3
BORNEOL ^a	-.035	.617*	-.134
b-pineno	.026	.408*	.021
terp-4-ol ^a	-.042	.365*	-.208
CANFENO	.019	.179*	.130
LINALOL ^a	.114	.469	.645*
t-cariofileno ^a	-.047	-.129	.620*
carvacrol ^β	.229	-.274	.590*
limoneno+1-8cineol	-.007	-.201	.581*
cis b-ocymeno	.134	.073	-.475*
g-terpineno ^a	-.135	-.387	.462*
a-terpineol ^a	.251	.152	.383*
b-myrceno	-.010	-.161	.370*
NEROL ^a	-.136	-.243	-.364*
TIMOL ^a	-.019	-.033	-.325*
a-pineno	.016	.008	.152*
p-cimeno	.002	.010	.120*
SABINENO	-.010	-.018	.046*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.

8.4. ANEXO CAPÍTULO 5.

- Se presentan los Autovalores, Lambda de Wilks y Matrices de Estructura de los análisis discriminantes y, el Historial de Conglomeración de los dendrogramas, realizados para el análisis estadístico interpoblacional de la actividad antioxidante lipófila (AAL) y de la composición química de los aceites esenciales.

Figura 6. Dendrograma de la AAI de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en floración.

Figura 7. Dendrograma de la AAI de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado F.	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
1	1	4	6	1.061	0	0	2
	2	2	4	48.919	0	1	4
	3	1	3	122.059	0	0	4
	4	1	2	663.314	3	2	6
	5	5	7	3783.882	0	0	6
	6	1	5	12116.103	4	5	0
2	1	9	13	.009	0	0	2
	2	8	9	34.245	0	1	3
	3	8	14	170.545	2	0	5
	4	10	11	1148.746	0	0	5
	5	8	10	5571.618	3	4	6
	6	8	12	24829.955	5	0	0

Figura 8. Dendrograma de la AAI de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en floración.

Figura 9. Dendrograma de la AAI de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado F.	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
1	1	1	5	.003	0	0	2
	2	1	3	.148	1	0	3
	3	1	2	.831	2	0	4
	4	1	4	3.856	3	0	0
2	1	6	8	.047	0	0	2
	2	6	9	.553	1	0	3
	3	6	10	5.055	2	0	4
	4	6	7	29.981	3	0	0

Figura 10. Dendrograma del aceite esencial de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en floración.

Figura 11. Dendrograma de aceite esencial de las poblaciones de *Th. mastichina* del 2002 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado fenolo	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
1	1	1	17	5.096	0	0	3
	2	7	9	6.495	0	0	3
	3	1	7	9.849	1	2	5
	4	5	15	35.447	0	0	5
	5	1	5	39.677	3	4	6
	6	1	13	47.083	5	0	0
2	1	38	47	2.009	0	0	6
	2	40	42	6.006	0	0	3
	3	40	51	12.265	2	0	4
	4	40	49	16.275	3	0	5
	5	33	40	24.580	0	4	6
	6	33	38	67.826	5	1	0

Figura 12. Análisis discriminante para los aceites esenciales de *Th. mastichina* del 2002. Datos de floración y fructificación juntos.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	117.751 ^a	92.7	92.7	.996
2	5.979 ^a	4.7	97.4	.926
3	2.645 ^a	2.1	99.5	.852
4	.463 ^a	.4	99.8	.562
5	.202 ^a	.2	100.0	.410
6	.008 ^a	.0	100.0	.088

a. Se han empleado las 6 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 6	.000	51.510	42	.149
2 a la 6	.022	22.848	30	.821
3 a la 6	.155	11.190	20	.941
4 a la 6	.565	3.430	12	.992
5 a la 6	.826	1.149	6	.979
6	.992	.046	2	.977

Matriz de estructura

	Función					
	1	2	3	4	5	6
BORNEOL ^a	.653*	-.601	-.071	-.204	-.075	.033
CANFENO	.036	.046	-.727*	.617	-.178	.011
terpinoleno ^a	-.011	-.324	.474*	-.405	.181	-.326
a-pineno	.047	.162	.044	.663*	-.452	-.211
MIRCENO	-.023	.197	-.553	.565*	-.108	-.231
g-terpineno	.023	.191	.117	-.389*	-.359	.044
SABINENO	-.012	.053	-.202	.272*	.091	-.068
b-pineno	.271	-.204	-.107	-.418	.758*	-.340
a-terpineol ^a	-.243	.177	.254	.125	-.664*	-.604
terpineol ^a	.045	.153	-.016	.257	-.568*	.267
limoneno+1-8cineol	-.043	-.044	.108	-.383	.388	.658*
terp-4-ol ^a	.013	-.020	-.375	-.212	-.184	-.640*
LINALOL ^a	.274	-.250	.557	.245	-.192	-.600*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.

Figura 13. Dendrograma de aceites esenciales de las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en floración.

Figura 14. Dendrograma de aceites esenciales en las poblaciones de *Th. zygis* del 2002 en fructificación.

Historial de conglomeración

Estado fenológico	Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
floración	1	5	19	129.988	0	0	3
	2	1	11	130.458	0	0	3
	3	1	5	416.801	2	1	4
	4	1	7	896.658	3	0	0
fructificación	1	23	28	47.838	0	0	3
	2	30	44	93.015	0	0	3
	3	23	30	186.580	1	2	4
	4	23	35	1419.405	3	0	0

Figura 15. Análisis discriminante para los aceites esenciales de *Th. zygis* del 2002. Datos de floración y fructificación juntos.

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	37.419 ^a	93.1	93.1	.987
2	2.083 ^a	5.2	98.3	.822
3	.661 ^a	1.6	99.9	.631
4	.036 ^a	.1	100.0	.186

a. Se han empleado las 4 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 4	.005	21.267	20	.382
2 a la 4	.189	6.673	12	.878
3 a la 4	.581	2.170	6	.903
4	.966	.140	2	.932

Matriz de estructura

	Función			
	1	2	3	4
NEROL ^a	.700*	.400	-.474	.350
carvacrol ^a	.388	.657*	.048	-.593
SABINENO	-.008	-.038	.912*	-.204
cis b-ocymeno ^a	-.272	-.076	.873*	.033
terp-4-ol ^a	.141	.209	.845*	.471
b-myrceno	.032	-.071	.787*	-.613
a-pineno	.537	-.379	.694*	.261
CANFENO	.125	-.187	.605*	.331
BORNEOL ^a	.122	.244	-.523*	.505
LINALOL ^a	-.465	.049	-.477*	-.116
limoneno+1-8cineol ^a	.003	-.339	.224	-.914*
g-terpineno ^a	-.161	-.405	.128	-.891*
t-cariofileno ^a	-.315	.202	-.016	-.826*
p-cimeno ^a	.403	.426	-.369	.690*
a-terpineol ^a	.424	.128	.526	.624*
b-pineno	.114	-.005	.084	.566*
TIMOL ^a	-.324	-.375	-.452	-.489*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas. Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

a. Esta variable no se emplea en el análisis.