

III. 2. ***THYMUS ZYGIS subsp. GRACILIS.***

De las tres especies objeto de esta Tesis, *Th. zygis* es la más interesante desde el punto de vista económico, ya que el elevado contenido en timol de su aceite esencial justifica que, actualmente, sea el tomillo más demandado por parte de los sectores implicados en el comercio de plantas aromáticas.

Como se ha comentado en la introducción, esta labiada presenta tres subespecies, de las cuales se ha seleccionado *Th. zygis subsp. gracilis* para estudiar su comportamiento en cultivo ante distintos niveles de riego, dado que es la más comercializada en España y está ampliamente representada en nuestra zona.

La variabilidad intraespecífica encontrada en esta planta no es tan acusada como en la especie tratada anteriormente, ya que todos los individuos analizados en este estudio presentan quimiotipo timol, con cantidades del mismo que pueden superar el 60%. A la buena calidad de su aceite esencial se suma la considerable producción de fitomasa que proporciona este tomillo. Por ello, si bien el rendimiento en aceite obtenido por destilación de las plantas individuales no es mejor que el alcanzado con *Th. hyemalis*, la mayor generación de material vegetal, a partir del cual se extrae dicho aceite, origina una productividad en litros por hectárea superior con *Th. zygis*.

Todo ello ha propiciado el desarrollo de plantaciones comerciales de esta labiada en Murcia y Almería, así como cultivos experimentales, como el descrito por Sotomayor (1998) en dos localidades distintas de Murcia, en condiciones de secano.

Todas las tablas y gráficas que aparecen en el presente capítulo, al igual que se ha hecho con *Th. hyemalis*, se han confeccionado siguiendo los criterios descritos en la sección Material y Métodos.

III. 2. 1. EFECTO DE LAS SIEGAS SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE LAS PLANTAS.

Tal como se hizo con *Th. hyemalis*, se procede en primer lugar a exponer las marras totales ocasionadas con cada uno de los tratamientos hídricos durante los tres años de ensayo (Tabla III.2–1).

Tabla III.2–1. Porcentaje de marras ocasionadas a lo largo de los tres años de cultivo.

	% ETo			
	80	60	40	20
	% marras			
2002	21	13	9	8
2003	54	43	32	24
2004	59	51	44	32

Las marras producidas en 2003 doblan, e incluso triplican, a las contabilizadas en 2002. La mortalidad de las plantas entre 2003 y 2004 no es tan elevada. Respecto a los distintos suplementos hídricos, se observa que la supervivencia de las plantas se ve perjudicada a medida que se elevan las cantidades de agua suministradas al cultivo.

En la Figura III.2–1 se pueden valorar gráficamente estos datos, mostrando la persistencia de las plantas de *Th. zygis* a medida que transcurren las sucesivas siegas, en función de los tratamientos de riego.

Las plantas, cuyo número inicial es de 140 por subparcela, son contadas en los meses de verano.

Tal como se puede ver en dicha figura, se corrobora en esta especie lo que también se ha observado en *Th. hyemalis*: una cantidad excesiva de agua resulta perjudicial para los tomillos, ya que el número de plantas vivas desciende cada año de forma más acusada en los tratamientos que implican un mayor aporte hídrico, siendo esto más patente en 2003 y 2004.

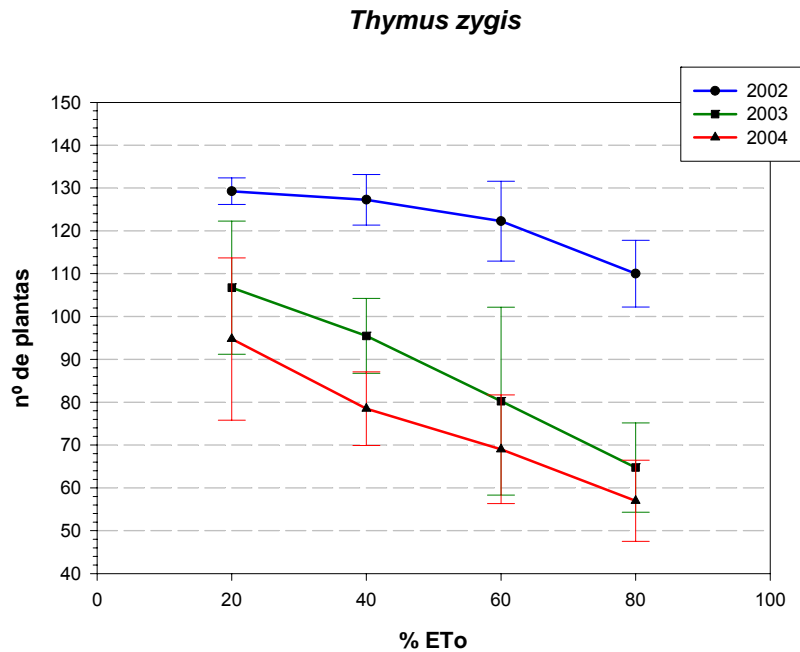


Fig. III.2–1. Número de plantas vivas, en función de la ETo, encontradas en los tres años de estudio.

Además, queda patente el significativo descenso en el número de plantas viables a partir de 2002. Teniendo en cuenta que la plantación se realiza en mayo de 2000, parece que estas labiadas soportan las condiciones propias de un cultivo de una forma bastante aceptable durante los dos primeros años, incrementándose la mortalidad en el tercero. Dicho de otro modo, las siegas efectuadas son bien toleradas por estas plantas hasta 2002, momento en que han recibido tres cortes (2000, 2001 y 2002). A partir de esa tercera recolección, parecen combinarse dos fenómenos que originan el incremento de la mortalidad observado en 2003. El primero de ellos sería el causado directamente por las recolecciones, debido a una cierta dificultad para el rebrote en plantas maduras; el segundo motivo de este descenso en el número de individuos viables detectado puede encontrarse en una patología que afecta a esta especie, la cual provoca unos síntomas semejantes a los de una

enfermedad fúngica, aunque no se ha conseguido aún aislar el agente patógeno.

A pesar de que, en nuestro caso, en 2001 las condiciones cambian al comenzar a aplicarse los riegos diferenciados, no parece que sea esta la causa del aumento de la mortalidad, considerando que la reducción en la cantidad de plantas vivas es común a todos los tratamientos hídricos. Además, las diferencias entre 2003 y 2004 no son tan acusadas, lo que puede indicar que las plantas que se han contabilizado en estos dos años son las que presentan mayor resistencia a la siega y mejor adaptación a las condiciones en las que se encuentran, lo que facilita su rebrote tras cada cosecha.

III. 2. 2. PRODUCCIÓN DE BIOMASA.

Th. zygis, a diferencia de *Th. hyemalis*, produce una única cosecha anual, en junio. Esta especie presenta tallos más herbáceos, frente a la estructura leñosa de las otras dos especies incluidas en esta memoria.

En la Tabla III.2–2 se recogen los resultados obtenidos en 2002, correspondientes tanto al material vegetal en fresco recolectado en la parcela, como al producto desecado que se deriva del mismo. Junto a cada porcentaje de la ETo aparecen las cantidades reales de agua que han recibido las plantas.

En junio de 2002 se ha cumplido casi un año desde el inicio del riego diferenciado, y dos desde que se estableció la plantación. Se trata del tercer corte realizado a las plantas, tras los correspondientes a 2000 y 2001. En estas condiciones, como se puede apreciar en dicha tabla, la producción obtenida se muestra condicionada por los distintos suplementos de agua.

Tabla III.2–2. Valores de producción, en función de la ETo, correspondientes a primavera de 2002.

	% ETo			
	80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Kg MF/ha	20.745,8 ± 1.153,32 ^a	18.791,1 ± 1.632,66 ^a	15.846,7 ± 1.819,80 ^b	11.894,2 ± 2.225,01 ^c
% MS	41,20	40,59	46,49	51,62
Kg MS/ha	8.547,3 ± 475,17 ^a	7.627,3 ± 662,70 ^a	7.367,1 ± 846,03 ^{ab}	6.139,8 ± 1.148,55 ^b
% HS/MS	52,12	52,42	58,60	56,77
Kg HS/ha	4.454,8 ± 247,66	3.998,2 ± 347,38	4.317,1 ± 495,77	3.485,6 ± 652,03

^{a, b, c} Valores con distinto superíndice en la misma línea presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el test de la Menor Diferencia Significativa de Fisher ($P < 0,05$).
± Desviación estándar.

Los kilos de materia seca que se consiguen a partir del producto fresco se elevan significativamente si a las plantas se les aplican los suplementos hídricos necesarios para compensar el 80 y 60% de la ETo, aunque no hay diferencias entre estos dos tratamientos y el correspondiente al 40%. Esto se debe a que el agua retenida por estas plantas es mayor con los riegos abundantes, por lo que, consecuentemente, el porcentaje de materia seca aumenta con los niveles de agua más bajos. Por ello, la producción obtenida con el 40% iguala a las correspondientes a los otros dos tratamientos. Sin embargo, el excelente porcentaje que muestra el 20% de la ETo no consigue compensar el menor rendimiento en tomillo fresco que genera este aporte hídrico, por lo que los resultados logrados en cuanto a las plantas desecadas, aunque iguales a los del 40%, continúan siendo significativamente inferiores a los alcanzados con el 80 y 60%. Estos valores superan claramente, en cualquier caso, a los obtenidos con *Th. hyemalis*.

Por otra parte, es importante observar que la cantidad de hoja seca por hectárea que proporciona esta recolección no muestra diferencias entre tratamientos, punto de considerable interés ya que este producto es el más demandado como condimento por las industrias alimentarias. La

razón está, como avanzábamos en el párrafo anterior, en los elevados porcentajes de hoja y materia seca obtenidos con el 40 y 20% de la ETo, que atenúan las diferencias encontradas en cuanto a producción en fresco, de forma que, en lo referente a la hoja seca, el material que se puede conseguir con el menor aporte hídrico es tan abundante como el alcanzado con el mayor suplemento de agua.

En trabajos experimentales previos, Torrente (1985), propone para *Th. zygis* un rendimiento bianual de entre 8.800 y 8.900 Kg. de material en fresco por hectárea, en parcelas situadas en Almería, con una densidad de 50.000–60.000 plantas/ha. Chumillas (1986), en su ensayo llevado a cabo en el noroeste de la Región de Murcia, con 30.000 plantas/ha, consigue una producción de materia fresca con esta especie de 3.625 Kg/ha en Caravaca, y 4.830 Kg/ha en Moratalla, en tanto que la materia seca se estima en 2.445 y 1.410 Kg/ha, respectivamente, para cada localidad. Estos resultados corresponden a una primera siega realizada a las plantas tras dos años de cultivo. Por su parte, Sánchez-Gómez *et al.* (1989) alcanzan un rendimiento de 5.228 Kg/ha de producto fresco transcurrido un año desde la plantación, y 9.573 Kg/ha en el segundo año, para una densidad de 25.000 plantas/ha. Se trata de cultivos de secano, como el establecido por Sotomayor (1998) a lo largo de tres años, trabajo que resulta ser el más indicado para extraer conclusiones acerca de la idoneidad de las condiciones de cultivo descritas en esta Memoria, ya que una parte del mismo se desarrolla en la misma finca experimental de Torreblanca (Torre Pacheco) en la que se realiza el presente ensayo. En el citado trabajo, *Th. zygis* subsp. *gracilis* produce una cantidad máxima de 867 Kg de hoja seca por hectárea, alcanzada el tercer año de cultivo. Esta producción queda por debajo de la obtenida con cualquiera de los tratamientos hídricos aplicados en este estudio, aunque también es menor la densidad poblacional, con 25.000 plantas/ha. Pero es precisamente el suministro de agua a la plantación lo que permite plantear un menor marco de plantación, ya que los cultivos

de secano no pueden sostener una concentración de población tan elevada.

Sotomayor *et al.* (2001), en una publicación basada en la primera siega realizada a las plantas objeto de esta Tesis, obtienen para esta subespecie un rendimiento en materia fresca de 5.564 Kg/ha, y 1.263 Kg/ha de hoja seca, cuando han transcurrido siete meses desde la plantación, y estas plantas se encuentran en estado vegetativo de crecimiento. El aporte hídrico en el momento de esta recolección es el necesario para compensar el 60% de la ETo, y los resultados presentados contrastan con los obtenidos tras dos años de cultivo con el mismo aporte hídrico, que como se muestra en la tabla anterior alcanzan 18.791 Kg/ha, en promedio, de producto fresco, y 3.998 Kg/ha de hoja seca. Esto está justificado por el escaso desarrollo de las plantas cuando se realiza el primer corte.

En 2003 (Tabla III.2–3), la producción alcanzada se reduce notablemente respecto a la recolección anterior, dado el incremento de la mortalidad detectado en estos tomillos.

Tabla III.2–3. Valores de producción, en función de la ETo, correspondientes a primavera de 2003.

	% ETo			
	80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Kg MF/ha	8.564,8 ± 718,52 ^a	9.123,8 ± 1.503,59 ^a	7.800,0 ± 1.582,20 ^{ab}	6.072,7 ± 1.034,14 ^b
% MS	41,60	42,61	48,64	50,53
Kg MS/ha	3.563,0 ± 298,90	3.887,7 ± 640,68	3.793,9 ± 769,58	3.068,6 ± 522,55
% HS/MS	55,33	56,38	57,71	53,39
Kg HS/ha	1.971,4 ± 165,38	2.191,9 ± 361,22	2.189,5 ± 444,13	1.638,3 ± 278,99

^{a, b} Valores con distinto superíndice en la misma línea presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el test de la Menor Diferencia Significativa de Fisher (P < 0,05).
± Desviación estándar.

En esta recolección se ha podido observar un fenómeno, señalado anteriormente por Pellín Martínez *et al.* (1994), que puede afectar a este tomillo cuando se encuentra en floración. Dicho fenómeno tiene su origen en las condiciones meteorológicas, y se produce por la existencia de nieblas que se disipan a lo largo de la mañana, acompañadas de altas temperaturas que provocan que la flor se quemé y caiga, con lo que se acorta el período de floración.

El porcentaje de materia seca mejora a medida que disminuye el agua suministrada a las plantas también en esta recolección, lo que unido a la producción algo más homogénea alcanzada con el tomillo fresco, origina que en 2003 no existan diferencias entre riegos en lo referente a la obtención de material desecado.

Por lo que respecta a la hoja seca, en la cosecha de 2003 no se aprecian diferencias entre tratamientos, al igual que en 2002. El nivel de agua que proporciona el mejor porcentaje de hoja respecto a la materia seca, coincidiendo también con el año anterior, es el necesario para compensar el 40% de la ETo, ya que casi un 58% del producto desecado corresponde a esta materia prima.

Los promedios, tanto de materia como de hoja seca, alcanzados con el 60 y 40% de la ETo son muy semejantes.

Como se puede apreciar en el último año que comprende el ensayo (Tabla III.2–4), las plantas han modificado su respuesta a los diferentes aportes de agua con el paso del tiempo, de forma que si en 2002 los dos riegos más elevados resultaban significativamente más adecuados para la obtención de tomillo fresco, las diferencias detectadas desaparecían en 2003 por lo que respecta al 40% de la ETo, en tanto que en 2004 los cuatro suplementos hídricos tienen un efecto similar, no encontrándose entre ellos diferencias con significación estadística. En este sentido, *Th. zygis* es diferente de *Th. hyemalis*, ya que en el caso de este último, la producción de fitomasa se ve significativamente perjudicada por los

aportes hídricos elevados a medida que transcurren las recolecciones, en tanto que *Th. zygis* no muestra diferencias entre regar con más o menos agua en 2004. El incremento en la mortalidad detectado en los tratamientos que implican un suministro abundante de agua, se ve compensado por un mayor desarrollo de las plantas supervivientes.

Tabla III.2-4. Valores de producción, en función de la ETo, correspondientes a primavera de 2004.

	% ETo			
	80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Kg MF/ha	9.014,4 ± 900,81	9.672,2 ± 2.750,17	10.684,1 ± 2.300,17	8.946,8 ± 3.283,42
% MS	46,61	46,15	49,14	52,81
Kg MS/ha	4.201,6 ± 419,87	4.463,7 ± 1.269,20	5.250,2 ± 1.130,30	4.724,8 ± 1.733,97
% HS/MS	48,10	53,72	50,53	56,61
Kg HS/ha	2.021,0 ± 201,96	2.397,9 ± 681,82	2.652,9 ± 571,14	2.674,7 ± 981,60

± Desviación estándar.

La cantidad de materia y hoja seca, aunque sin diferencias entre tratamientos, presenta mejores promedios con el 40 y 20% de la ETo. El mejor rendimiento en hoja corresponde al 20%, con un porcentaje del 56,6% respecto a la materia seca, que permite alcanzar una producción que supera en promedio a las obtenidas con el resto de tratamientos, a pesar de que los kilos de producto fresco que se consiguen con este aporte hídrico sean los más bajos.

A la vista de estos resultados, se puede concluir que *Th. zygis* subsp. *gracilis* es una planta que puede desarrollarse y ofrecer un rendimiento óptimo, tanto de producto fresco como seco, con un aporte hídrico que no supere el 40% de la ETo, especialmente a partir del segundo año de cultivo. A pesar de que el rendimiento en hoja seca, producto comercialmente más importante, no se ve afectado si ese aporte

se reduce hasta el 20%, el 40% puede ser más adecuado para garantizar una producción abundante.

Por ello, esta especie de tomillo resulta muy adecuada para su cultivo en nuestra zona, sumándose sus escasas necesidades de agua a la cada vez más importante demanda que de los productos derivados de esta labiada se puede apreciar en el mercado de plantas aromáticas.

Es razonable pensar que el descenso en la producción, asociado al incremento de la mortalidad, detectado en 2003 se mitigaría con el empleo de plantas seleccionadas, resistentes a la siegas.

III. 2. 3. RENDIMIENTO EN ACEITE ESENCIAL.

Th. zygis es una planta con una gran riqueza en aceite esencial, lo que unido a la notable cantidad de biomasa que puede generar, se traduce en una importante producción por hectárea de esta sustancia.

En este estudio, el rendimiento individual se presenta en porcentaje respecto al peso seco, calculándose en función de los mililitros de aceite obtenidos por gramos de planta seca destilados. La producción por hectárea se refiere a los litros que se alcanzan aplicando el porcentaje anterior a los kilos de materia seca que genera el cultivo.

A) Destilación de las plantas individuales.

De esta labiada se extrae un aceite esencial de color blanquecino o amarillo pálido, con rendimientos que se pueden situar entre el 3 y el 4%, aunque se han encontrado plantas que alcanzan casi el 6%, siempre localizadas en las subparcelas que reciben menos agua.

El aceite esencial, como se viene mencionando a lo largo de este trabajo, representa la materia prima más apreciada de todas las obtenidas del tomillo, por lo que especies que sintetizan esta sustancia en

cantidades importantes son en principio las más relevantes a nivel comercial, dependiendo de la calidad de su aceite. En este caso, la calidad es también excelente, y por ello, las industrias especializadas, que se interesan de forma cada vez más patente por especies concretas que aseguren unos buenos rendimientos, demandan mayoritariamente esta labiada.

Al igual que ocurre con *Th. hyemalis*, la variabilidad intraespecífica también afecta a la síntesis de aceite esencial por parte de *Th. zygis*, dando como resultado porcentajes del mismo que oscilan en rangos más o menos amplios, por lo que resulta difícil establecer si los distintos riegos producen un efecto significativo en el rendimiento en aceite.

En la Figura III.2–2 se muestran los resultados correspondientes a junio de 2002.

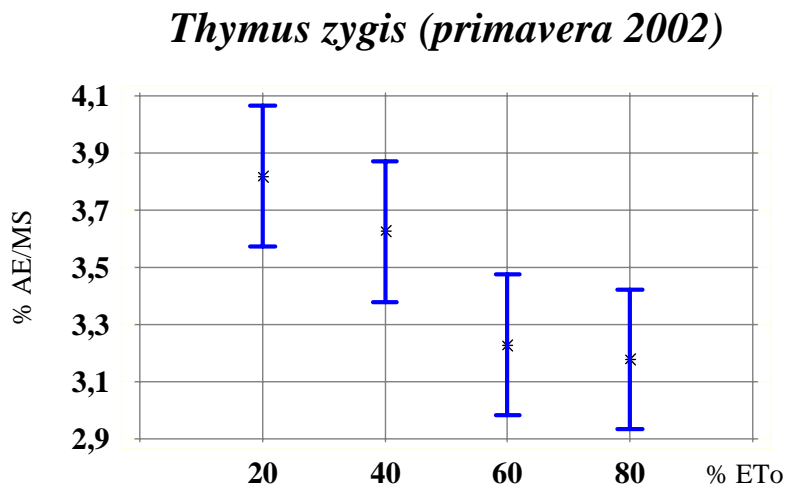


Fig. III.2–2. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2002.

En esta recolección, la prueba ANOVA detecta diferencias significativas entre tratamientos. Aplicado el test de Fisher, con un nivel de confianza del 95%, se determina que tales diferencias se presentan

entre el menor aporte hídrico y los riegos suministrados para compensar el 60 y 80% de la ETo. Un bajo suplemento de agua favorece la síntesis de aceite esencial, con un rendimiento alcanzado con el 20% de la ETo de $3,8 \pm 0,40\%$, frente al $3,2 \pm 0,22\%$ obtenido con el 80%.

Moldão-Martins *et al.* (1999) estudian la variación estacional en el rendimiento y la composición del aceite esencial de *Th. zygis* subsp *sylvestris* en plantas espontáneas del norte de Portugal, empleando diferentes métodos de extracción. Los autores encuentran para este tomillo un rendimiento máximo de $1,4 \pm 0,03\%$ (volumen/peso seco) en el período de floración, cuando el aceite esencial se extrae mediante un sistema Clevenger. Este rendimiento se reduce hasta $0,9 \pm 0,03\%$ si la destilación se realiza por corriente de vapor. Comparando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, la subespecie *gracilis* puede doblar esta producción incluso cuando se le suministra el riego más elevado.

En 2003 (Figura III.2–3), la síntesis de aceite esencial por parte de estos tomillos no se ve afectada por la cantidad de agua que reciben, aunque los mejores promedios se alcanzan con los tratamientos que implican un menor aporte hídrico, con rendimientos de $3,9 \pm 0,99\%$ y $4,2 \pm 0,75\%$ para el 40 y 20% de la ETo, respectivamente.

En la recolección de 2004 (Figura III.2–4) se duplica el número de plantas analizadas, lo que atenúa el efecto de la variabilidad intraespecífica.

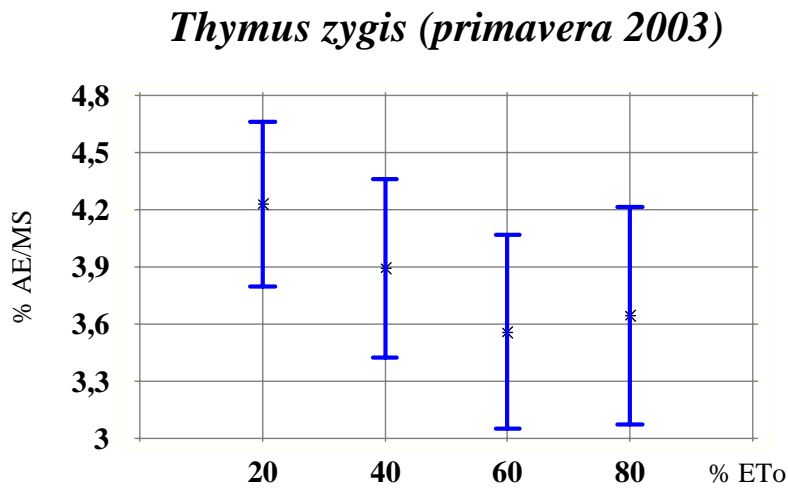


Fig. III.2–3. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2003.

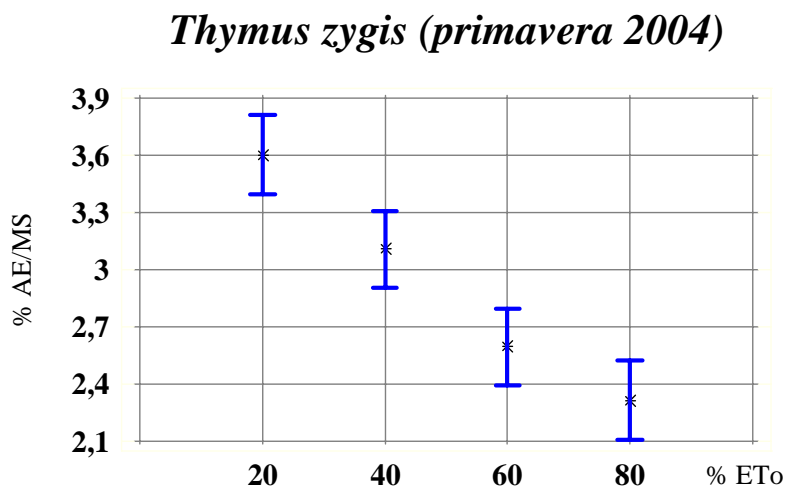


Fig. III.2–4. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2004.

En el último año de ensayo las diferencias entre tratamientos vuelven a ser patentes, más incluso que en 2002, ya que el rendimiento alcanzado con el suplemento hídrico más bajo es significativamente superior a todos los demás, incluido el correspondiente al 40% de la ETo.

Este riego, a su vez, se presenta como significativamente más adecuado que el 80 y 60% para la obtención de aceite esencial.

Los resultados de esta cosecha oscilan entre un porcentaje de aceite de $3,6 \pm 0,71\%$, conseguido aportando el agua necesaria para compensar el 20% de la ETo, y el rendimiento correspondiente al nivel de riego más elevado, que se sitúa en $2,3 \pm 0,52\%$.

Considerando todos estos datos, resulta evidente que la producción de aceite esencial por parte de *Th. zygis* se ve favorecida por aportes de agua escasos, disminuyendo significativamente si se eleva el nivel de riego que reciben las plantas, al igual que ocurre con *Th. hyemalis*.

Respecto a esta otra especie, tratada en el capítulo anterior de esta Memoria, mencionar que los valores que alcanza *Th. hyemalis* en 2004 en cuanto a rendimiento en aceite esencial, se muestran en general más altos que los obtenidos con *Th. zygis* este mismo año.

B) Producción por hectárea.

Para estudiar la producción de aceite esencial a nivel agronómico, expresada en litros por hectárea, es necesario considerar que la cantidad de materia seca obtenida de la plantación el primer año de estudio aumenta a medida que se incrementa el suplemento hídrico que reciben las plantas, en tanto que el rendimiento en aceite esencial experimenta el efecto contrario. La combinación de ambos factores origina una compensación en los resultados que alcanza dicho aceite por área de cultivo (Tabla III.2-5), por lo que ya en la primavera de 2002 no se detectan diferencias con significación estadística entre tratamientos de riego, a diferencia de lo que ocurre con la producción de fitomasa.

Tabla III.2–5. Valores de producción de aceite esencial, en función de la ETo.

		% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
L AE/ha	2002	271,6 ± 15,10	246,2 ± 21,39	267,1 ± 30,67	234,5 ± 43,87
	2003	130,0 ± 10,91	138,4 ± 22,81	151,4 ± 30,71	129,8 ± 22,10
	2004	97,1 ± 9,70	116,1 ± 33,00	163,3 ± 35,15	170,1 ± 62,42

± Desviación estándar.

De hecho, en 2002, como se puede ver en dicha tabla, con el nivel de riego correspondiente al 40% de la ETo se produce un aumento, en promedio, en los litros de aceite obtenidos por hectárea respecto al resultado que se logra con el 60%, contrariamente a lo observado en la producción tanto de materia fresca como seca (Tabla III.2–2). Este cambio de tendencia es debido a lo explicado en el párrafo anterior, ya que el mejor rendimiento en aceite esencial que se consigue con la destilación de las plantas que han recibido un suministro escaso de agua, puede compensar la mayor cantidad de biomasa que proporcionan suplementos hídricos más elevados.

Sotomayor *et al.* (2001), determinan para esta subespecie una producción de 55,7 L/ha, regando la parcela con el agua necesaria para compensar el 60% de la ETo, y transcurridos siete meses desde el establecimiento del cultivo. Se trata de plantas muy jóvenes, en estado vegetativo, lo que justifica que el resultado registrado sea inferior al que muestran esas mismas plantas con cualquiera de los tratamientos hídricos aplicados, cuando se recolectan en el momento óptimo de su ciclo fenológico, y con un desarrollo adecuado.

La recolección de 2003 proporciona unos valores que, como cabía esperar dado el descenso en producción de biomasa, están por debajo de los alcanzados en 2002. El hecho de regar con más o menos agua

tampoco afecta a la cantidad de aceite esencial que se obtiene de la plantación, aunque el mejor promedio se consigue con el suplemento hídrico equivalente al 40% de la ETo.

En 2004, sin embargo, el promedio más elevado corresponde al 20% de la ETo, aunque tampoco en este último año de ensayo se aprecian diferencias significativas entre tratamientos. El destacado rendimiento en aceite esencial que proporcionan las plantas que han recibido el menor aporte hídrico (Figura III.2-4), claramente superior al que se consigue con el resto de tratamientos, justifica el buen resultado alcanzado con dicho nivel de riego en lo referente a la producción por hectárea en 2004, mejorando incluso los valores que muestra el 40%. No obstante, las diferencias entre ambos tratamientos son escasas, estando más alejados los valores medios logrados con el 80 y 60% de la ETo.

Como se ha podido comprobar, el nivel de riego aplicado no afecta a la producción de aceite esencial al considerar la producción de toda la parcela, pero los suplementos hídricos más escasos acaban originando una mejora, aunque no significativa, en los resultados alcanzados.

III. 2. 4. EFECTO DEL RIEGO SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL CULTIVO.

Una vez analizados los tres años por separado, estudiaremos en este apartado cómo se comporta *Th. zygis* subsp. *gracilis* en cuanto a la producción de materias primas a lo largo del tiempo, con el fin de obtener una información precisa de la adaptación de estas plantas al cultivo en base al aporte hídrico recibido. Para visualizar las diferentes recolecciones en conjunto, se representan gráficamente los datos mostrados en las Tablas III.2-2 a III.2-5, y las Figuras III.2-2 a III.2-4. El análisis de la evolución de la plantación se centra en la repercusión que las sucesivas siegas pueden tener tanto sobre la producción de material desecado como de aceite esencial, que en el caso de esta subespecie

supone el referente de mayor importancia dado su interés comercial. Todo ello es un factor de obligado conocimiento si se pretende establecer una explotación agrícola basada en estas labiadas.

Tal y como se distingue en la Figura III.2–5a, en el último año que comprende el ensayo los promedios de producción de material en seco son ligeramente superiores a los de 2003, a pesar de que ha disminuido la cantidad de plantas vivas. Esto se debe probablemente al fenómeno asociado a la meteorología que afectó a estos tomillos en el segundo año de ensayo, descrito anteriormente, aunque a la hora de valorar ese leve incremento en la generación de tomillo seco en 2004, también es importante considerar la menor competencia por los recursos que encuentran las plantas supervivientes, bien adaptadas al cultivo, que justifica que alcancen un mayor tamaño en muchos casos. No obstante, las producciones de 2004 continúan bastante alejadas de los valores medidos en junio de 2002.

Si bien 2003 es el año menos productivo, los análisis estadísticos no aprecian diferencias significativas al comparar sus producciones con las de 2004. Tales diferencias se presentan con el primer año de ensayo, que muestra cantidades de materia seca significativamente superiores a las obtenidas en 2003 y 2004 con el 80, 60 y 40% de la ETo, aunque con el 20%, el resultado de 2002 es comparable al de 2004, pero persiste la diferencia con 2003.

En cuanto a los kilos de hoja seca por hectárea (Figura III.2–5b), tras analizar los cuatro tratamientos por separado, la prueba ANOVA detecta diferencias significativas entre recolecciones. Al estudiar dónde radican esas diferencias, el test de Fisher determina el mismo resultado que encontramos en el caso anterior, es decir, la producción de 2002 es significativamente superior a las de 2003 y 2004 con el 80, 60 y 40% de la ETo, pero con el 20% no hay diferencias entre 2002 y 2004, en tanto que sí son diferentes los valores alcanzados el primer año de estudio y los correspondientes a 2003.

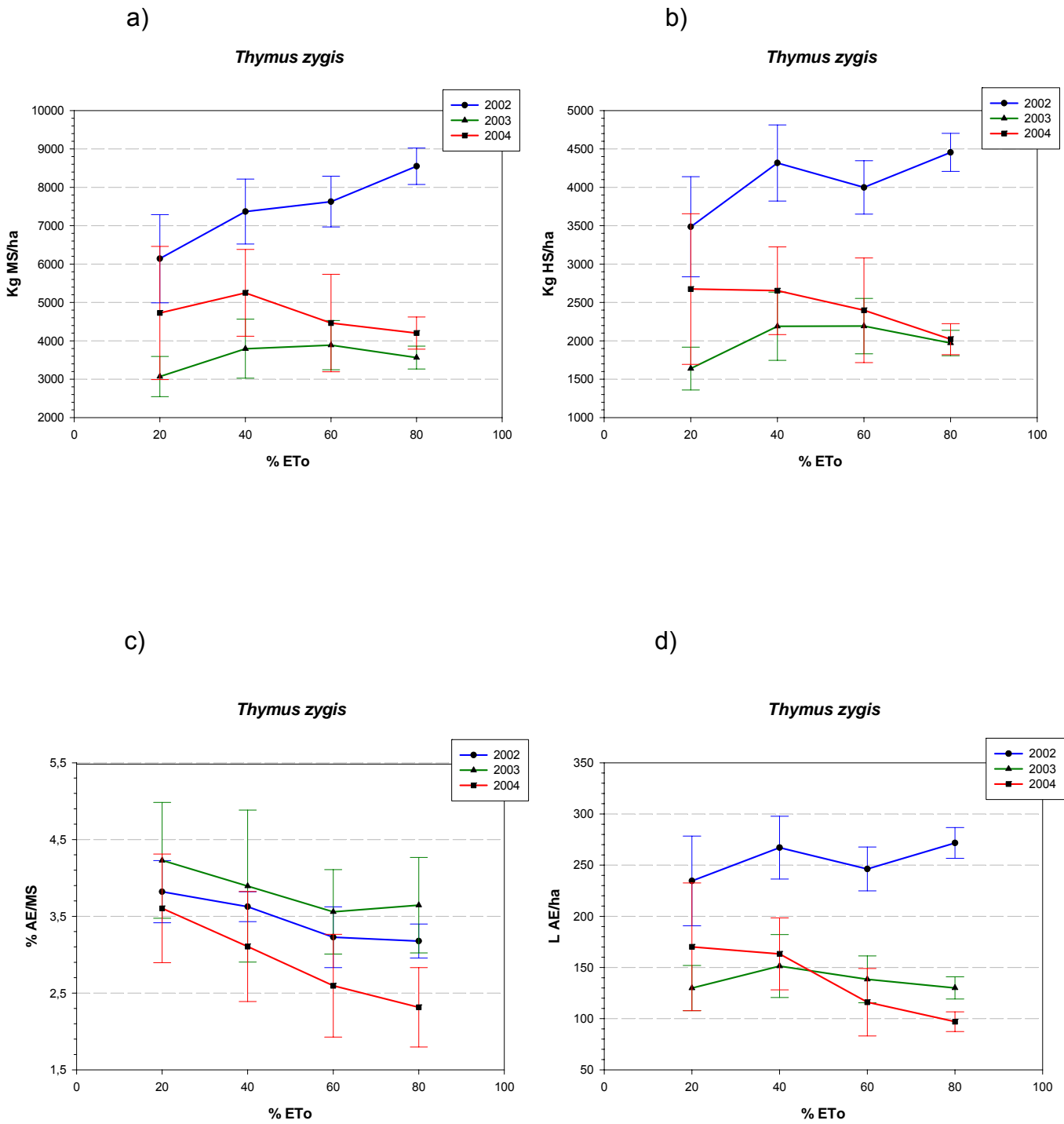


Fig. III.2-5. Evolución de la producción de materias primas durante los tres años de ensayo.

Observando el rendimiento en aceite esencial que se obtiene de las plantas individuales con la destilación (Figura III.2–5c), es posible distinguir que, con todos los niveles de riego, los promedios más elevados corresponden a 2003. La razón puede encontrarse en las condiciones climáticas de la primavera de dicho año, con temperaturas puntuales bastante cálidas, especialmente en mayo y junio, que podrían influir en las plantas activando la síntesis de aceite esencial en respuesta al estrés sufrido por las mismas. Por el contrario, los porcentajes de 2004 disminuyen respecto a las recolecciones anteriores.

Sin embargo, la prueba ANOVA determina que no existen diferencias con significación estadística entre los tres años cuando a las plantas se les suministran los riegos equivalentes al 40 y 20% de la ETo. Pero si el aporte hídrico se eleva hasta el 60%, los resultados de 2003 son significativamente superiores a los de 2004, aunque equivalentes a los de 2002. Con el 80%, el rendimiento que se consigue en 2004 es significativamente más bajo que los alcanzados en las dos recolecciones anteriores, que no muestran diferencias entre sí. Por lo tanto, la síntesis de aceite esencial por parte de estas plantas se ve perjudicada significativamente con el paso del tiempo cuando reciben cantidades elevadas de agua, manteniéndose en niveles equiparables con aportes hídricos bajos.

Finalmente, en la Figura III.2–5d, se muestra la trayectoria del volumen de aceite esencial obtenido por unidad de superficie, y los resultados de 2002 superan a los de las dos recolecciones posteriores, ya que al extrapolar a litros por hectárea, la cantidad de materia seca obtenida en cada cosecha es determinante, por tratarse del material a partir del cual se extrae el aceite esencial.

El análisis estadístico de estos datos determina que con el tratamiento de riego correspondiente al 80% de la ETo, las tres recolecciones presentan diferencias significativas, siendo el último año de ensayo el que proporciona el peor resultado. Con el 60 y 40%, la producción de 2002 es significativamente superior a las de 2003 y 2004,

que no presentan diferencias entre sí. Pero si el riego se realiza con el agua necesaria para compensar el 20% de la ETo, los resultados de 2002 y 2004 son equivalentes, pero en el primer año de estudio se alcanza un resultado significativamente superior al de 2003. Las dos últimas recolecciones tampoco difieren entre sí con este suplemento hídrico.

Si nos centramos en estas dos últimas recolecciones, al considerar los tratamientos correspondientes al 80 y 60% de la ETo, se puede observar que en 2003 los promedios alcanzados están por encima de los obtenidos en 2004. Las diferencias son incluso significativas en el caso del 80%, confirmando que mantener un riego excesivo durante un intervalo largo de tiempo afecta negativamente a estos tomillos. Sin embargo, con el 40 y 20% de la ETo, ocurre lo contrario, por lo que tales suplementos hídricos serían los más indicados para asegurar una óptima producción de aceite esencial.

Todo esto confirma que *Th. zygis* subsp. *gracilis* no necesita suministros elevados de agua para ofrecer unos rendimientos que pueden superar a los de otras especies de tomillo, lo que convierte el cultivo de esta planta en una opción ventajosa desde el punto de vista económico, ya que a partir de estas plantas se obtienen productos con un alto valor añadido aportando una escasa cantidad de agua a la plantación.

Por lo que respecta a la densidad de plantas por hectárea, y valorando los resultados de 2002, sería posible reducir el número inicial de individuos por subparcela (140) hasta una cantidad situada entre 100 y 120, ya que estas plantas son suficientes para alcanzar una buena productividad. Teniendo esto en cuenta, la densidad poblacional para esta especie podría ser de unas 70.000 plantas/ha, inferior a la 89.400 propuestas en el ensayo, punto de considerable interés, ya que si bien la reducción no es tan importante como la planteada en el caso de *Th. hyemalis*, cualquier iniciativa que conduzca a mejorar la rentabilidad del cultivo debe ser bien recibida por los agricultores interesados en establecer este tipo de explotaciones.

III. 2. 5. PERFIL CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL.

La principal característica del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*, que crece de forma espontánea en la Región de Murcia, es su riqueza en timol.

Sólo en contadas especies del género *Thymus* se alcanzan porcentajes de este fenol semejantes a los encontrados en *Th. zygis*. Por ejemplo, en algunas procedencias de *Th. vulgaris* se refieren concentraciones que superan el 60%, dato obtenido de plantas originarias de Grecia (Daferera *et al.*, 2000).

El timol, como se ha puesto de manifiesto en la Introducción de esta Memoria, ha acreditado tener importantes propiedades, con aplicaciones de interés tanto para la industria alimentaria como farmacéutica. Por ello, la presencia abundante de dicho componente sitúa al aceite esencial de esta planta entre los más valorados comercialmente, dando así respuesta a la solicitud de productos naturales por parte de los consumidores. No obstante, es necesario analizar el comportamiento frente al riesgo de todos los constituyentes de estos aceites, dados los efectos sinérgicos o antagónicos que pueden presentar entre ellos (Vardar-Ünlü *et al.*, 2003). En este sentido se puede mencionar el trabajo publicado por Youdim *et al.* (2002), del cual se desprende que la actividad antioxidante del aceite esencial extraído de *Th. zygis* supera a la de sus principales componentes considerados en solitario.

Otros compuestos volátiles que se encuentran en concentraciones importantes en esta subespecie son carvacrol, linalol, α -tujeno, mirceno, α -terpineno, (*E*)-cariofileno, y los precursores fenólicos p-cimeno y γ -terpineno

Siguiendo el mismo esquema del capítulo anterior, en primer lugar se examinarán las recolecciones de 2002 y 2003, con el fin de determinar si los diferentes suministros de agua afectan a la síntesis de los constituyentes del aceite esencial en *Th. zygis*. La recolección de 2004,

con un mayor número de muestras analizadas, se destina al estudio de la variabilidad intraespecífica.

III. 2. 5. 1. Efecto del riego sobre la composición química del aceite esencial.

Si bien los análisis efectuados han determinado un quimiotipo timol simple en todos los casos, la variabilidad intraespecífica afecta notablemente a la composición cuantitativa de los aceites de esta subespecie, con cantidades relativas para sus constituyentes que pueden oscilar de forma bastante considerable entre los distintos individuos. Ello dificulta apreciar las diferencias significativas que pueden derivarse de la aplicación de los distintos tratamientos hídricos.

Para realizar las tablas que aparecen en este apartado se analizan mediante Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas los aceites esenciales extraídos de las 48 plantas recolectadas (12 por tratamiento) tanto en 2002 como en 2003.

Tales análisis han dado como resultado la identificación de 101 componentes volátiles, que concentran alrededor del 98,5% del total del área asignada por el cromatógrafo, y se corresponden con 32 hidrocarburos terpénicos, 25 alcoholes, 13 aldehídos, 13 cetonas, ocho ésteres, seis fenoles, tres epóxidos y un éter.

De estos componentes, 43 se definen por primera vez en esta subespecie de *Th. zygis*:

- *Hidrocarburos terpénicos*: m-xileno, triciclono, Δ_3 -careno, calereno, germacreno, elemeno, β -selineno, valenceno.
- *Alcoholes*: butanol, 1-penten-3-ol, 2-pentanol, 3-metil-3-buten-1-ol, 3-metil-2-buten-1-ol, (*Z*)-3-hexen-1-ol, hexanol, (*Z*)-verbenol, (*E*)-verbenol, carveol.

- *Aldehídos*: (*E*)-2-butenal, 2-metil butanal, hexanal, furfural, (*E*)-2-hexenal, heptanal, benzaldehído, nonanal, decanal, perialdehído.
- *Cetonas*: 3-hexanona, 3-heptanona, β -tujona, pinocarvona, carvona, timoquinona, (*Z*)-jasmona, α -ionona, β -ionona.
- *Ésteres*: acetato de etilo, acetato de bencilo, acetato de timilo, caprilato de butilo.
- *Fenoles*: eugenol, (*E*)-isoeugenol.

Algunos de estos constituyentes han sido descritos en el aceite esencial de otras especies de tomillo (Nijssen *et al.*, 1996).

III. 2. 5. 1. 1. Primavera 2002.

En la Tabla III.2–6 están representados los resultados obtenidos en la primavera de 2002, primer año de ensayo, cuando ha transcurrido casi un año desde el inicio del riego diferenciado.

En estas condiciones, son varios los componentes para los que la prueba ANOVA detecta diferencias significativas en función del riego recibido por las plantas.

Entre los hidrocarburos terpénicos, grupo químico más numeroso de los que presenta este aceite esencial, los constituyentes que se cuantifican en mayor concentración son p-cimeno, γ -terpineno, mirceno, α -terpineno, α -tujeno y (*E*)-cariofileno. Dentro de este grupo, 17 componentes muestran diferencias significativas en su concentración en base al tratamiento hídrico aplicado.

En algunos casos, su síntesis parece verse favorecida por suplementos de agua abundantes. Es lo que ocurre con triciclono, α -pineno, verbeneno, β -pineno, Δ_3 -careno y p-cimeno, todos los cuales presentan unos porcentajes significativamente superiores cuando las plantas se riegan con el agua necesaria para compensar el 80% de la ET_o. Respecto al p-cimeno, Ultee *et al.* (2002) señalan la existencia de un

efecto sinérgico entre dicho precursor y el carvacrol, favoreciendo el terpeno la acción antibacteriana del fenol. Con otros constituyentes, como limoneno, α -copaeno y β -selineno, no hay diferencias entre aplicar el 80 o el 60% de la ETo, pero el resultado conseguido con el primero es significativamente mejor que el alcanzado con el 40 y 20%.

Por el contrario, el mirceno evidencia sus peores resultados con los niveles más altos de humedad, correspondientes al 80 y 60% de la ETo, significativamente inferiores a los alcanzados con el 40 y 20%.

Si observamos el resto de terpenos para los que el análisis estadístico determina diferencias entre los diferentes aportes hídricos, podemos constatar que su síntesis se puede optimizar igualmente con cantidades elevadas de agua (80 ó 60% ETo) y con suplementos más escasos (40 ó 20% ETo). De esta forma, el rendimiento que muestra (*E*)-cariofileno es equiparable entre aquellos tomillos a los que se suministra el nivel de agua correspondiente al 80, 60 y 40% de la ETo. La producción de α -muuroleno, γ -cadineno y δ -cadineno presenta un comportamiento muy semejante ante el riego, ya que en los tres casos, el resultado más bajo se obtiene con el 20% de la ETo, con porcentajes significativamente inferiores a los obtenidos con el 80%, pero no se aprecian diferencias entre regar con el 80, 60 ó 40% de la ETo. Respecto al canfeno, su porcentaje más elevado se detecta igualmente entre las plantas que han recibido el aporte hídrico equivalente al 80% de la ETo, significativamente superior al determinado con el 60 y el 40%, pero sin diferencias con el 20%. Finalmente, γ -terpineno, así como (*E*)- β -ocimeno, reducen significativamente su presencia en el aceite esencial si a las plantas se les suministra el riego más elevado, proporcionando el 60, 40 y 20% de la ETo concentraciones relativas similares. Se ha comprobado que el empleo de γ -terpineno a baja concentración disminuye sustancialmente los daños causados en el ADN por agentes mutagénicos, efecto que también se observa en el timol (Aydin et al., 2005).

Tabla III.2–6. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*, en función del aporte hídrico (Primavera 2002).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos terpénicos					
Triciclono*	931	0,02 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,00 ^b	0,01 ± 0,00 ^b	0,01 ± 0,01 ^b
α-Tujeno*	940	1,12 ± 0,07	1,04 ± 0,11	0,95 ± 0,04	1,00 ± 0,17
α-Pineno	949	0,74 ± 0,02 ^a	0,57 ± 0,11 ^b	0,60 ± 0,04 ^b	0,57 ± 0,06 ^b
Canfeno	969	0,37 ± 0,13 ^a	0,21 ± 0,09 ^b	0,16 ± 0,04 ^b	0,25 ± 0,15 ^{ab}
Verbeneno*	976	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^b	tr ^b	tr ^b
Sabineno	1001	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
β-Pineno	1007	0,18 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,02 ^b	0,16 ± 0,01 ^b	0,14 ± 0,02 ^b
Mirceno	1026	1,01 ± 0,10 ^a	1,11 ± 0,15 ^a	1,28 ± 0,09 ^b	1,30 ± 0,12 ^b
α-Felandreno	1042	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,03
Δ ₃ -Careno	1048	0,09 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,00 ^b	0,08 ± 0,00 ^b	0,08 ± 0,00 ^b
α-Terpineno	1058	1,01 ± 0,08	1,17 ± 0,19	1,18 ± 0,27	1,22 ± 0,22
p-Cimeno	1068	22,41 ± 0,42 ^a	16,82 ± 3,94 ^b	16,79 ± 2,07 ^b	14,21 ± 0,88 ^b
Limoneno	1073	0,51 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,03 ^{ab}	0,47 ± 0,03 ^b	0,45 ± 0,02 ^b
(Z)-β-Ocimeno	1086	tr	tr	tr	0,01 ± 0,00
(E)-β-Ocimeno*	1097	0,01 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,00 ^b
γ-Terpineno	1109	1,99 ± 0,60 ^a	3,25 ± 1,24 ^b	3,33 ± 0,76 ^b	2,99 ± 0,39 ^{ab}
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	1141	0,16 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,02	0,17 ± 0,03
α-Copaeno	1378	0,02 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,00 ^b	tr ^b
α-Gurjeneno*	1408	0,01 ± 0,01	tr	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
(E)-Cariofileno	1419	0,93 ± 0,10 ^{ab}	1,20 ± 0,35 ^a	1,19 ± 0,47 ^a	0,62 ± 0,16 ^b
Calereno	1432	0,02 ± 0,02	tr	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Aromadendreno	1440	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,07 ± 0,07	0,04 ± 0,03
α-Humuleno	1457	0,07 ± 0,03	0,13 ± 0,07	0,15 ± 0,08	0,16 ± 0,12
Aloaromadendreno	1465	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,01
Germacreno*	1475	tr	tr	tr	tr
Elemeno*	1481	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
β-Selineno*	1485	0,05 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^{ab}	0,01 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,02 ^b
Valenceno	1510	0,06 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,07 ± 0,06	0,06 ± 0,02
α-Muuroleno*	1516	0,03 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^{ab}	0,02 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,00 ^b
γ-Cadineno*	1537	0,08 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,04 ^{ab}	0,03 ± 0,02 ^b
δ-Cadineno	1553	0,16 ± 0,05 ^a	0,14 ± 0,06 ^a	0,11 ± 0,07 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^b
Alcoholes					
Butanol	742	tr	tr	tr	tr
1-Penten-3-ol	747	tr	tr	tr	tr
2-Pentanol	752	tr	tr	tr	tr
3-Metil-3-buten-1-ol	766	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
3-Metil-2-buten-1-ol*	789	0,02 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,00 ^b	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,00 ^b
(Z)-3-Hexen-1-ol	852	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,03	0,05 ± 0,00
Hexanol + m-Xileno	867	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,02
1-Octen-3-ol	1009	0,47 ± 0,06 ^a	0,26 ± 0,05 ^b	0,22 ± 0,06 ^{bc}	0,19 ± 0,07 ^c
3-Octanol	1031	0,15 ± 0,08	0,11 ± 0,06	0,13 ± 0,07	0,18 ± 0,12
(E)-Hidrato de sabineno	1116	0,67 ± 0,26	0,52 ± 0,07	0,59 ± 0,10	0,49 ± 0,02
(Z)-Hidrato de sabineno*	1151	0,11 ± 0,03	0,10 ± 0,02	0,08 ± 0,04	0,09 ± 0,00
Linalol	1152	3,35 ± 0,75 ^a	2,29 ± 0,35 ^b	1,36 ± 0,10 ^c	2,48 ± 0,68 ^b

Tabla III.2-6 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Alcoholes (continuación)					
(<i>E</i>)-Pinocarveol	1186	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
(<i>Z</i>)-Verbenol	1189	0,03 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,01 ^{ab}	0,02 ± 0,01 ^{bc}	0,01 ± 0,00 ^c
(<i>E</i>)-Verbenol*	1197	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Isoborneol	1203	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	tr	0,01 ± 0,00
Borneol	1211	0,74 ± 0,23	0,44 ± 0,22	0,32 ± 0,13	0,60 ± 0,41
Terpinen-4-ol	1220	0,62 ± 0,14	0,61 ± 0,04	0,63 ± 0,06	0,62 ± 0,06
p-Cimen-8-ol	1227	0,08 ± 0,05 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,00 ^b
α-Terpineol	1231	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Carveol	1252	tr	0,01 ± 0,00	tr	tr
Nerol + Citronelol	1260	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,02
Geraniol + Acetato de linalilo	1281	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,03	tr	0,01 ± 0,02
Espatuleno	1640	0,07 ± 0,08	0,06 ± 0,04	0,13 ± 0,10	0,09 ± 0,05
Aldehídos					
(<i>E</i>)-2-butenal*	735	tr	tr	tr	0,01 ± 0,00
2-Metil butanal	741	0,01 ± 0,00	tr	tr	tr
Hexanal	802	tr	tr	tr	tr
Furfural	832	tr	tr	tr	tr
(<i>E</i>)-2-Hexenal	849	tr	tr	tr	tr
Heptanal	904	tr	tr	tr	tr
Benzaldehído	987	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00
Nonanal	1157	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Decanal	1243	0,02 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^a
Cuminaldehído	1268	tr	tr	tr	tr
Neral + Carvona	1270	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	tr ^b	tr ^b
Geranial + Perialdehído	1292	0,43 ± 0,02	0,53 ± 0,16	0,43 ± 0,18	0,33 ± 0,12
Cetonas					
3-Hexanona	795	0,01 ± 0,01 ^a	tr ^b	tr ^b	0,01 ± 0,00 ^{ab}
3-Heptanona*	888	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	tr	0,01 ± 0,00
3-Octanona	1019	0,37 ± 0,16 ^a	0,18 ± 0,10 ^b	0,16 ± 0,03 ^b	0,13 ± 0,05 ^b
β-Tujona	1158	0,02 ± 0,01 ^a	tr ^b	tr ^b	tr ^b
Alcanfor	1193	0,01 ± 0,01	tr	tr	0,01 ± 0,00
Pinocarvona*	1208	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	tr
Dihidrocarvona	1235	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01
Verbenona	1245	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Timoquinona	1276	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,00
(<i>Z</i>)-Jasmona	1399	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02
α-Ionona	1428	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
β-Ionona	1497	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Ésteres					
Acetato de etilo	732	0,01 ± 0,01 ^a	tr ^b	tr ^b	tr ^b
Acetato de bencilo	1214	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Acetato de bornilo	1302	0,18 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,05 ^b	0,10 ± 0,02 ^b	0,10 ± 0,03 ^b
Acetato de terpenilo	1353	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00
Acetato de timilo*	1356	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	tr	0,01 ± 0,01

Tabla III.2–6 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Ésteres (continuación)					
Acetato de geranilo	1385	0,01 ± 0,00 ^a	tr ^b	tr ^b	tr ^b
Caprilato de butilo	1388	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Fenoles					
Éter metílico de timol	1265	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Éter metílico de carvacrol	1272	0,06 ± 0,03	0,88 ± 1,19	0,08 ± 0,05	0,51 ± 0,65
Timol	1308	54,69 ± 1,37 ^a	60,53 ± 6,35 ^b	61,63 ± 3,33 ^b	64,16 ± 0,67 ^b
Carvacrol	1314	3,43 ± 0,09	2,86 ± 1,00	3,60 ± 0,09	3,33 ± 0,55
Eugenol	1358	0,03 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,04 ^b	0,08 ± 0,04 ^b
(<i>E</i>)-Isoeugenol	1453	0,02 ± 0,02	0,08 ± 0,07	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,03
Epóxidos					
(<i>Z</i>)-Óxido de linalol	1123	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,00 ^{ab}	0,02 ± 0,00 ^c	0,02 ± 0,01 ^{bc}
Óxido de cariofileno	1650	0,30 ± 0,04 ^a	0,33 ± 0,07 ^a	0,34 ± 0,06 ^a	0,19 ± 0,04 ^b
Éter					
1,8-Cineol	1076	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00

^{a,b,c} Valores con distinto superíndice en la misma línea presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el test de la Menor Diferencia Significativa de Fisher ($P < 0,05$).

± Desviación estándar.

* Identificación tentativa.

I. R. Índices de Kovats (HP-5).

tr = trazas (< 0,01%).

Los alcoholes más abundantes en *Th. zygis* subsp. *gracilis* son linalol, borneol, terpinen-4-ol, (*E*)-hidrato de sabineno y 1-octen-3-ol. Cinco de estos componentes, que se caracterizan por su habilidad para conferir un aroma fresco al aceite esencial, ven afectada su síntesis por los diferentes suplementos hídricos. En todos los casos el tratamiento más adecuado es el correspondiente al 80% de la ETo.

3-metil-2-buten-1-ol y p-cimen-8-ol presentan con dicho tratamiento un porcentaje significativamente superior al alcanzado con el resto, que no muestran diferencias entre sí. Lo mismo ocurre con linalol y 1-octen-3-ol, pero en ambos componentes también se detectan diferencias con significación estadística entre los otros tres niveles de riego. En el caso del linalol, componente con una efectividad demostrada frente a diferentes microorganismos, como bacterias del género *Leishmania* (Rosa *et al.*, 2003), *Citrobacter freundii*, *Clostridium sporogenes* o *Lactobacillus*

plantarum (Dorman y Deans, 2000), la tendencia observada en cuanto a la respuesta ante el riego está bastante condicionada por la variabilidad química presente en el género *Thymus*, la cual se manifiesta especialmente en determinados constituyentes de los aceites de esta subespecie. Por último, la producción de (*Z*)-verbenol mejora igualmente si a las plantas se les proporciona el agua necesaria para compensar el 80% de la ETo, aunque en este caso no hay diferencias entre este tratamiento y el equivalente al 60%.

Con respecto a los aldehídos, los más abundantes en esta subespecie son geranial y perialdehído, que se integran juntos dada la proximidad de sus tiempos de retención en las condiciones cromatográficas empleadas en este ensayo, por lo que la cantidad relativa que se presenta corresponde a la suma de los porcentajes de ambos. El resto de los componentes de este grupo químico son poco abundantes, y sólo se detectan diferencias en función del riego en dos casos. El decanal alcanza sus concentraciones más bajas con los tratamientos hídricos intermedios, significativamente inferiores a las obtenidas con el 80 y 20%. El neral, que eluye con la carvona, mejora de forma significativa su porcentaje con el 80 y 60%.

En cuanto a las cetonas, 3-octanona y dihidrocarvona son las más representadas en esta planta, afectando el nivel de riego a cuatro de estos compuestos: 3-hexanona, 3-octanona, β -tujona y carvona, mencionada anteriormente junto al neral. La síntesis de 3-octanona y β -tujona muestra una respuesta similar frente a los distintos suplementos hídricos, mejorando significativamente con el correspondiente al 80% de la ETo. De hecho, la β -tujona se detecta únicamente en trazas cuando se aplican los otros tres tratamientos. La presencia 3-hexanona, sin embargo, si bien también aumenta de forma significativa con el 80%, no muestra diferencias entre dicho aporte de agua y el necesario para compensar el 20% de la ETo.

El éster más representativo de esta labiada es el acetato de bornilo, cuya proporción relativa varía entre tratamientos, junto a las de otros dos ésteres menos abundantes. Tanto acetato de bornilo como los acetatos de etilo y geranilo incrementan significativamente su presencia en el aceite esencial con el aporte de agua equivalente al 80% de la ETo, apareciendo el segundo y tercero en trazas con el resto de tratamientos.

Los fenoles, entre los que se incluye el timol, componente mayoritario y que define la calidad de este aceite esencial, revelan una respuesta condicionada por el riego en dos casos. La concentración del timol oscila entre $64,16 \pm 0,67\%$ y $54,69 \pm 1,37\%$, valores alcanzados con el 20 y 80% de la ETo respectivamente. El nivel de riego más favorable para este fenol en la primavera de 2002 es, por lo tanto, el equivalente al 20% de la ETo, aunque no hay diferencias significativas entre dicho tratamiento y los correspondientes al 60 y 40%. El porcentaje obtenido con el 80% es significativamente inferior al resto.

Esto coincide con lo publicado por Piccaglia y Marotti (1993), cuyos resultados con *Satureja montana* y *Thymus vulgaris* muestran oscilaciones en la composición cuantitativa de sus aceites esenciales en función de las condiciones climáticas, con una elevación de la síntesis de compuestos fenólicos en ambientes cálidos y secos. También es oportuno recordar aquí que en *Th. hyemalis*, otra especie incluida en nuestro estudio, las condiciones ambientales no afectan en el sentido mencionado por dichos autores.

Algo parecido a lo descrito con el timol ocurre con el eugenol, componente cuya cantidad relativa desciende significativamente con el 80%, resultando el 60, 40 y 20% de la ETo igualmente adecuados.

El carvacrol, otro compuesto fenólico que comparte probadas cualidades con el timol, no ve afectada su síntesis por los diferentes aportes de agua, aunque el mejor promedio se logra con el 40% de la ETo.

Timol, eugenol y carvacrol, así como el hidrocarburo terpénico limoneno, tienen la propiedad de alterar la estructura de las membranas

bacterianas (Di Pasqua *et al.*, 2006), por lo que la presencia de concentraciones elevadas de dichos compuestos puede acentuar la actividad antimicrobiana de estos aceites. Un nivel de riego equivalente al 40% de la ETo es adecuado para alcanzar un óptimo porcentaje de estos cuatro constituyentes.

Es pertinente mencionar también que el timol y su precursor p-cimeno varían sus concentraciones de forma inversa, ya que el máximo contenido en p-cimeno, que se presenta con el 80% de la ETo, coincide con el mínimo de timol.

Las diferencias entre niveles de riego aparecen en dos de los tres epóxidos identificados en estos aceites. El más abundante es el óxido de cariofileno, cuyo porcentaje desciende significativamente con el 20% de la ETo, no detectándose diferencias entre el resto de tratamientos. Para la síntesis de (*Z*)-óxido de linalol, los aportes hídricos más favorables son los equivalentes al 80 y 60% de la ETo, obteniéndose con el primero un resultado significativamente superior a los alcanzados con el 20 y 40%.

Por último, el 1,8-cineol, único éter identificado en estos aceites, no ve afectada su presencia en los mismos en base a los diferentes suplementos de agua. Este componente se presenta como mayoritario en otras especies de tomillo, como *Th. albicans* o *Th. mastichina*, cuyos aceites esenciales se muestran efectivos frente a diferentes bacterias de los géneros *Salmonella*, *Staphylococcus* o *Listeria* (Faleiro *et al.*, 1999).

De acuerdo con estos resultados, es posible concluir que en este primer año de ensayo, si bien el perfil volátil del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis* se ve afectado al aplicar diferentes cantidades de agua a las plantas, la síntesis de la mayor parte de los componentes no se ve influida por este hecho, ya que de un total de 101 constituyentes identificados en estos aceites, son 35 los que muestran diferencias significativas en sus porcentajes en función del riego. Entre ellos, encontramos casos en los que los mejores resultados se consiguen con

suplementos hídricos abundantes. Pero también hay otros componentes, entre los que se encuentra como referente más importante el timol, cuya producción por parte de estos tomillos se ve igualmente favorecida con los tratamientos de riego correspondientes al 40 ó 20% de la ETo. Por ello, aportes de agua escasos, que no superen el 40% de la ETo, permiten garantizar una buena calidad en el aceite esencial de esta subespecie.

En este punto es conveniente hacer un inciso para señalar que un contenido en timol muy elevado en estos aceites no conduce necesariamente a mejorar las propiedades de dichas sustancias. El trabajo realizado por Rota *et al.* (2008), en el que se analiza el efecto de los aceites esenciales procedentes de diferentes tomillos sobre las principales bacterias contaminantes de alimentos, ilustra bastante bien esta cuestión. En dicho estudio se pone de manifiesto que los aceites con quimiotipo fenólico son los más efectivos frente a estos patógenos, pero también se comprueba que las cualidades antibacterianas más destacadas corresponden a aquellos aceites con mayor riqueza y variedad de compuestos volátiles, incluyendo precursores y metabolitos finales. Así, queda demostrado que el aceite extraído de *Th. hyemalis*, con una menor concentración relativa de timol, pero más rico en otros componentes como γ -terpineno, linalol, (*Z*)-verbenol, terpinen-4-ol, α -terpineol, espatulenol, alcanfor, verbenona o éter metílico de timol, se muestra más activo que el de *Th. zygis* frente a la mayor parte de los microorganismos ensayados, lo que sugiere la existencia de una acción sinérgica entre los compuestos fenólicos y otros constituyentes de estas sustancias.

III. 2. 5. 1. 2. Primavera 2003.

Los resultados cromatográficos obtenidos el segundo año de ensayo aparecen en la Tabla III.2–7. En esta recolección, tras los

correspondientes análisis estadísticos, se han apreciado diferencias significativas entre tratamientos sólo en 4 componentes (α -tujeno, calereno, 1-penten-3-ol y pinocarvona). Ninguno de ellos coincide con los constituyentes cuya síntesis se muestra afectada por el riego en 2002, algo que se puede explicar, como ya se menciona en el capítulo dedicado a *Th. hyemalis*, por las diferencias climatológicas de los dos años, a lo que se suma la variabilidad química presente en este género.

Pero lo verdaderamente interesante es el descenso drástico, respecto al año anterior, en el número de componentes para los que la prueba ANOVA detecta diferencias en su respuesta frente a los cuatro niveles de riego (de 35 a 4). Esto viene a confirmar que, con el transcurso del tiempo, los tomillos se readaptan a sus condiciones de crecimiento, y se mitiga el efecto que los distintos aportes hídricos pueden tener sobre el perfil volátil de estos aceites, estabilizándose la síntesis de componentes en los niveles genéticamente determinados.

Con relación a los hidrocarburos terpénicos, sólo α -tujeno y calereno presentan diferencias en sus concentraciones relativas en base al nivel de agua que reciben las plantas. El primero incrementa de forma significativa su presencia en el aceite esencial si a las plantas se les suministra el agua necesaria para compensar el 40 ó el 60% de la ETo, comprobándose que el aporte hídrico más escaso es el menos favorable. Respecto al calereno, poco abundante en esta labiada, el resultado obtenido con el tratamiento correspondiente al 80% de la ETo, con el que este componente sólo se detecta en trazas, es significativamente inferior al resto.

No se determinan más diferencias con significación estadística dentro de este grupo químico en 2003. No obstante, algunos hidrocarburos terpénicos que en 2002 sí muestran tales diferencias, adoptan una tendencia similar frente al riego en 2003, obteniéndose promedios superiores con los niveles de agua más elevados.

Tabla III.2-7. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*, en función del aporte hídrico (Primavera 2003).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos terpénicos					
Triciclono*	931	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
α-Tujeno*	940	0,81 ± 0,12 ^{ab}	0,96 ± 0,09 ^a	0,98 ± 0,13 ^a	0,73 ± 0,08 ^b
α-Pineno	949	0,51 ± 0,07	0,63 ± 0,11	0,61 ± 0,03	0,51 ± 0,10
Canfeno	969	0,22 ± 0,09	0,33 ± 0,06	0,23 ± 0,15	0,27 ± 0,13
Verbeneno*	976	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00
Sabineno	1001	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
β-Pineno	1007	0,14 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,15 ± 0,00	0,13 ± 0,01
Mirceno	1026	1,43 ± 0,24	1,56 ± 0,11	1,50 ± 0,13	1,45 ± 0,24
α-Felandreno	1042	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,02
Δ ₃ -Careno	1048	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01
α-Terpineno	1058	1,19 ± 0,18	1,37 ± 0,30	1,17 ± 0,24	1,14 ± 0,20
p-Cimeno	1068	15,71 ± 0,84	16,61 ± 1,79	15,51 ± 2,96	16,04 ± 2,69
Limoneno	1073	0,47 ± 0,02	0,51 ± 0,03	0,47 ± 0,04	0,47 ± 0,04
(Z)-β-Ocimeno	1086	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
(E)-β-Ocimeno*	1097	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
γ-Terpineno	1109	6,41 ± 2,42	7,09 ± 2,72	5,60 ± 1,98	6,11 ± 2,24
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	1141	0,19 ± 0,04	0,17 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,18 ± 0,03
α-Copaeno	1378	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
α-Gurjeneno*	1408	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
(E)-Cariofileno	1419	0,78 ± 0,18	0,84 ± 0,30	0,87 ± 0,14	0,81 ± 0,34
Calereno	1432	tr ^a	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,00 ^b
Aromadendreno	1440	0,07 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,04	0,08 ± 0,06
α-Humuleno	1457	0,12 ± 0,03	0,07 ± 0,04	0,11 ± 0,06	0,16 ± 0,06
Aloaromadendreno	1465	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Germacreno*	1475	tr	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,01
Elemeno*	1481	tr	tr	tr	0,01 ± 0,00
β-Selineno*	1485	0,05 ± 0,05	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Valenceno	1510	0,04 ± 0,04	0,03 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,04
α-Muuroleno*	1516	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01
γ-Cadineno*	1537	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,03
δ-Cadineno	1553	0,09 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,10 ± 0,04
Alcoholes					
Butanol	742	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	tr
1-Penten-3-ol	747	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	tr ^b	tr ^b
2-Pentanol	752	tr	tr	tr	tr
3-Metil-3-buten-1-ol	766	tr	0,01 ± 0,00	tr	tr
3-Metil-2-buten-1-ol*	789	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
(Z)-3-Hexen-1-ol	852	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01
Hexanol + m-Xileno	867	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
1-Octen-3-ol	1009	0,26 ± 0,02	0,29 ± 0,09	0,33 ± 0,09	0,29 ± 0,11
3-Octanol	1031	0,07 ± 0,02	0,19 ± 0,14	0,15 ± 0,06	0,09 ± 0,04
(E)-Hidrato de sabineno	1116	0,60 ± 0,03	0,62 ± 0,15	0,57 ± 0,17	0,58 ± 0,11
(Z)-Hidrato de sabineno*	1151	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Linalol	1152	2,96 ± 0,68	2,42 ± 1,00	2,53 ± 1,38	2,26 ± 0,72

Tabla III.2-7 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Alcoholes (continuación)					
(<i>E</i>)-Pinocarveol	1186	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
(<i>Z</i>)-Verbenol	1189	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,03
(<i>E</i>)-Verbenol*	1197	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,05
Isoborneol	1203	tr	tr	tr	0,01 ± 0,00
Borneol	1211	0,50 ± 0,32	0,76 ± 0,17	0,53 ± 0,43	0,72 ± 0,38
Terpinen-4-ol	1220	0,51 ± 0,03	0,50 ± 0,08	0,54 ± 0,13	0,48 ± 0,09
p-Cimen-8-ol	1227	0,10 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,02
α-Terpineol	1231	0,13 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,03
Carveol	1252	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,03
Nerol + Citronelol	1260	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Geraniol + Acetato de linalilo	1281	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,04
Espatulenol	1640	0,08 ± 0,07	0,08 ± 0,06	0,13 ± 0,06	0,14 ± 0,07
Aldehídos					
(<i>E</i>)-2-butenal*	735	tr	tr	tr	tr
2-Metil butanal	741	tr	tr	tr	tr
Hexanal + Butirato de etilo	802	tr	tr	tr	tr
Furfural	832	tr	tr	tr	tr
(<i>E</i>)-2-Hexenal	849	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Heptanal	904	tr	tr	tr	tr
Benzaldehído	987	tr	tr	tr	tr
Nonanal	1157	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
Decanal	1243	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01
Cuminaldehído	1268	tr	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00
Neral + Carvona	1270	tr	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00
Geranial + Perialdehído	1292	0,13 ± 0,08	0,14 ± 0,07	0,11 ± 0,08	0,08 ± 0,05
Cetonas					
3-Hexanona	795	tr	tr	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
3-Heptanona*	888	tr	tr	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00
3-Octanona	1019	0,15 ± 0,06	0,15 ± 0,05	0,16 ± 0,05	0,18 ± 0,04
β-Tujona	1158	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Alcanfor	1193	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,02
Pinocarvona*	1208	0,01 ± 0,00 ^a	tr ^a	tr ^a	0,02 ± 0,01 ^b
Dihidrocarvona	1235	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Verbenona	1245	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Timoquinona	1276	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01
(<i>Z</i>)-Jasmona	1399	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
α-Ionona	1428	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
β-Ionona	1497	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Ésteres					
Acetato de etilo	732	tr	tr	tr	tr
Acetato de bencilo	1214	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,07 ± 0,02
Acetato de bornilo	1302	0,13 ± 0,03	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,06	0,17 ± 0,08
Acetato de terpenilo	1353	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,00
Acetato de timilo*	1356	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01

Tabla III.2-7 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Ésteres (continuación)					
Acetato de geranilo	1385	tr	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Caprilato de butilo	1388	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Fenoles					
Éter metílico de timol	1265	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,04
Éter metílico de carvacrol	1272	0,41 ± 0,29	0,79 ± 1,08	0,94 ± 1,09	0,50 ± 0,53
Timol	1308	59,29 ± 3,09	57,47 ± 2,89	60,36 ± 5,01	59,38 ± 5,66
Carvacrol	1314	3,42 ± 0,61	2,86 ± 0,81	2,84 ± 0,71	3,17 ± 0,35
Eugenol	1358	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,06	0,03 ± 0,02
(E)-Isoeugenol	1453	0,06 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,09 ± 0,03	0,08 ± 0,03
Epóxidos					
(Z)-Óxido de linalol	1123	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Óxido de cariofileno	1650	0,39 ± 0,08	0,38 ± 0,20	0,30 ± 0,03	0,37 ± 0,15
Éter					
1,8-Cineol	1076	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00

^{a,b} Valores con distinto superíndice en la misma línea presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el test de la Menor Diferencia Significativa de Fisher ($P < 0,05$).

± Desviación estándar.

* Identificación tentativa.

I. R. Índices de Kovats (HP-5).

tr = trazas ($< 0,01\%$).

Es el caso de α -pineno, canfeno, p-cimeno y limoneno, aunque en el segundo año de ensayo el 60% de la ETo es el tratamiento que proporciona los mejores resultados medios, en tanto que en el primer año se requiere alcanzar el 80%. Otros, como (E)- β -ocimeno y γ -terpineno coinciden en mostrar buenos porcentajes con el 60% en ambas recolecciones, apreciándose además que los valores alcanzados en 2003 por el γ -terpineno superan a los de 2002. La razón puede encontrarse en las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestas las plantas en ese segundo año de estudio, ya que las altas temperaturas que afectaron a la parcela en el momento de la floración de esta labiada pudieron acelerar el desarrollo normal de su ciclo fenológico, alcanzándose la etapa de fructificación en un corto espacio de tiempo. Esto explicaría los elevados niveles de γ -terpineno, precursor inmediato de p-cimeno, cuya síntesis se estaría incrementando para preparar un nuevo ciclo.

Por su parte, el β -pineno aumenta, aunque muy ligeramente, su concentración media en 2003 con el 40% ETo, frente a la cantidad significativamente superior lograda con el 80% en 2002. Componentes como α -muuroleno, γ -cadineno y δ -cadineno reducen en el segundo año de ensayo su presencia en el aceite esencial respecto a 2002 con los tratamientos que implican un mayor suplemento de agua, en tanto que el mirceno experimenta el efecto contrario; y (*E*)-cariofileno presenta en 2003 promedios más bajos que en 2002 con todos los suplementos hídricos, excepto con el 20%. Los resultados de Δ_3 -careno en 2003 son similares a los de 2002, pero la mayor desviación estándar observada explica la ausencia de diferencias significativas en el segundo año de estudio. Verbeneno y α -copaeno, que en 2002 se detectan en trazas cuando se aplica el riego más escaso, elevan su concentración en 2003 con dicho tratamiento. El triciclono presenta en 2003 los mismos promedios con todos los niveles de agua, mientras el β -selineno iguala el porcentaje medio obtenido con el 80% de la ETo en ambas recolecciones, aunque en 2003 se incrementa la desviación estándar.

Entre los alcoholes, un único componente, el 1-penten-3-ol, muestra una respuesta condicionada por el riego en 2003. Este alcohol, de bajo peso molecular y escasa presencia en estos aceites, eleva su concentración respecto al primer año de ensayo (en el que no se ve afectado por el nivel de agua aplicado) con el 80 y 60% de la ETo, de forma que en 2003 el porcentaje alcanzado con ambos aportes hídricos es significativamente superior al obtenido con el 40 y 20%.

Analizando lo que ocurre con los componentes de este grupo químico para los que en 2002 se detectan diferencias significativas, se puede observar que los promedios de 3-metil-2-buten-1-ol de 2003 se asemejan a los del año anterior, aunque en 2003 el grado de riego no afecta de forma significativa a la concentración de este alcohol. (*Z*)-verbenol y 1-octen-3-ol consiguen en 2003 los porcentajes medios más altos con los suplementos hídricos más bajos, en tanto que en 2002 los mejores resultados se obtienen con el 80% de la ETo. La síntesis de

linalol, que en 2002 se muestra bastante influenciada por el tratamiento hídrico aplicado, no ve alterada en 2003 por este hecho, presentando unos valores medios más homogéneos, aunque con una mayor desviación estándar. Por último, p-cimen-8-ol incrementa notablemente su presencia en el aceite esencial de estos tomillos en 2003 con el 60, 40 y 20% de la ETo, siendo este incremento menos acentuado en el caso del 80%, tratamiento con el que en 2002 se logra un porcentaje significativamente superior al resto.

En ningún aldehído se aprecian diferencias con significación estadística en base al riego aplicado en 2003, aunque decanal y neral sí mostraban tales diferencias en 2002. El decanal alcanza el segundo año de ensayo los mismos promedios con todos los suplementos de agua ensayados; y el neral eleva su concentración respecto a 2002 con el 20% de la ETo, produciendo el aporte hídrico más elevado el efecto contrario.

Entre las cetonas, la pinocarvona presenta en 2003 una proporción relativa significativamente superior si a las plantas se les suministra el riego más escaso, no detectándose diferencias entre los otros tres tratamientos. Respecto a las cuatro cetonas señaladas en 2002, con la 3-octanona se mitigan las diferencias entre los cuatro niveles de riego en la recolección de 2003, reduciéndose considerablemente el porcentaje obtenido con el 80% de la ETo respecto al año anterior. La 3-hexanona también ve disminuida su concentración con el 80% en 2003, pero ésta aumenta con el 40%. Por su parte, la β -tujona incrementa su cantidad relativa en el segundo año de ensayo con el 60, 40 y 20% de la ETo, tratamientos con los que en 2002 sólo se podía detectar en trazas. El comportamiento de la carvona ya se ha comentado al hablar del neral, junto al que se integra. También es interesante mencionar que el alcanfor, cetona bastante común en la naturaleza, no es muy abundante en *Th. zygis* subsp. *gracilis*. Su contenido en el aceite esencial, que no parece verse condicionado por los diferentes aportes hídricos, oscila entre trazas y 0,04%, aumentando ligeramente en 2003 respecto a 2002.

Ninguno de los ésteres identificados en esta labiada manifiesta una concentración sensible al riego en 2003. En cuanto a los tres componentes de este grupo que presentan diferencias en 2002, cabe señalar que el acetato de etilo se detecta en trazas en 2003 con todos los suplementos hídricos, reduciéndose la concentración obtenida con el 80% de la ETo respecto a 2002. Con el acetato de geranilo los resultados mejoran en 2003 con el 60, 40 y 20% de la ETo. El éster más abundante identificado en estos aceites, el acetato de bornilo, incrementa sus promedios en el segundo año de estudio con todos los tratamientos, excepto el correspondiente al 80% de la ETo. Destaca el aumento logrado con el aporte de agua más escaso.

Es importante subrayar que el contenido en timol de las plantas en 2003 no se muestra condicionado por el riego, alcanzándose porcentajes bastante equilibrados con los cuatro tratamientos hídricos, lo que conduce a la desaparición de las diferencias significativas determinadas en 2002. Lo mismo ocurre con el eugenol. Como se ha apuntado anteriormente, la adaptación de estas plantas a sus condiciones de crecimiento puede ser la explicación más plausible a este comportamiento, ya que se puede observar este mismo fenómeno en *Th. hyemalis*. Por lo que respecta al carvacrol, su valor medio más alto se alcanza con el 80 % de la ETo en 2003, sin que se detecten tampoco diferencias entre tratamientos.

La ausencia de diferencias significativas en 2003 se evidencia también entre los epóxidos. En general, tanto (*Z*)-óxido de linalol como óxido de cariofileno experimentan un incremento de su presencia en el aceite esencial en 2003, que en el caso del segundo es especialmente apreciable con el 20% de la ETo.

Considerando todo lo expuesto, es acertada la suposición de que estas plantas no precisan cantidades de agua elevadas para proporcionar un aceite esencial de calidad, siendo además muy relevante que no se

aprecien variaciones en el contenido fenólico en función del suplemento hídrico en este segundo año de ensayo.

III. 2. 5. 2. Estudio de la variabilidad intraespecífica.

Este apartado se va a dividir en dos secciones, ya que si bien la principal finalidad del mismo es el análisis de la variabilidad química presente en el aceite esencial de esta subespecie, también se ha estimado oportuno observar la respuesta de estas plantas frente al riego diferenciado tras una nueva cosecha, por lo que respecta a la síntesis de sus constituyentes volátiles.

Con el fin de disponer de más material para examinar las variaciones cuantitativas observadas entre los componentes de estos aceites, en la primavera de 2004 se aumenta el número de individuos recolectados hasta 96 (24 plantas por tratamiento).

El quimiotipo timol simple parece ser el más común en *Th. zygis* subsp. *gracilis*, considerando que este componente es el más abundante en las 96 plantas analizadas en el presente ensayo agronómico, obtenidas de semillas procedentes de tomillares naturales de Puerto Lumbreras (Murcia). El contenido en timol, tal como se ha dicho anteriormente, sobrepasa en la mayoría de las ocasiones el 55%, habiéndose encontrado tomillos con una proporción de este fenol que alcanza hasta el 65%.

Trabajos previos sobre *Th. zygis* subsp. *gracilis*, generalmente basados en el estudio de plantas silvestres, aportan información sobre el perfil volátil de esta labiada.

Cabo *et al.* (1991) analizan dos de estos tomillos, presentando uno de ellos el timol como constituyente mayoritario (35,9%), en tanto que para la otra muestra se determina un quimiotipo carvacrol (22,2%).

Por su parte, Velasco Negueruela y Pérez Alonso (1984) obtienen para dos muestras de esta subespecie procedentes de Granada unos resultados que varían entre 61,1 y 11,7% para el timol, y 3,1 y 20,6% para el carvacrol. Otros componentes importantes son linalol (3,0–4,8%) y borneol (0,6–7,5%), además de p-cimeno (18,0–22,4%) y γ -terpineno (3,4–13,0%).

Morales (1986) estudia el aceite esencial de tres individuos de la subespecie *gracilis*, determinando en dos de ellos, procedentes de Granada y de Madrid, un quimiotipo timol (37,2 y 61,1% respectivamente), en tanto que la tercera muestra, recolectada también en Granada, presenta al carvacrol como componente más abundante (20,6%). Terpinen-4-ol (0,3–11,3%) y borneol (0,6–7,5%) también se presentan como componentes destacados.

Sánchez Gómez *et al.* (1995), en plantas espontáneas procedentes de la Sierra de Filabres (Almería), encuentran un quimiotipo linalol, con una concentración relativa del 33% para este alcohol, mostrando además estos aceites porcentajes elevados de terpinen-4-ol (7,9%) y (*E*)-hidrato de sabineno (5,6%).

Sáez (1995a), en su trabajo sobre poblaciones de *Th. zygis* ubicadas en el Sudeste Ibérico determina, para esta especie, la existencia de tres grupos principales en base a la composición química de su aceite esencial: un primer grupo con quimiotipo timol y cantidades variables de los precursores p-cimeno y γ -terpineno; otro conjunto estaría formado por individuos cuyo aceite muestra una mezcla de compuestos fenólicos y no fenólicos; y en el tercer grupo se incluyen aquellas plantas con linalol como componente mayoritario. Este autor subraya la facilidad de *Th. zygis* para hibridar con otras especies de tomillo cuando sus períodos de floración coinciden, pudiendo presentarse interacciones con *Th. mastichina* o *Th. vulgaris*. El quimiotipo timol es el más abundante en el área estudiada, en tanto que el quimiotipo linalol se encuentra localizado

en una zona muy limitada (sierra de Filabres). Los quimiotipos mixtos aparecen en aquellos lugares en los que coexisten dos especies de tomillo.

Sotomayor (1998), en su ensayo agronómico, determina en *Th. zygis* subsp. *gracilis* la presencia del quimiotipo timol simple, así como el mixto linalol/(*E*)-hidrato de sabineno, oscilando las concentraciones relativas de los componentes en función del estado fenológico de las plantas.

A continuación se exponen los resultados relativos al perfil volátil del aceite esencial obtenido en la última recolección que incluye esta Memoria.

A) Estudio de la influencia del riego en la recolección de 2004.

En la Tabla III.2–8 se presentan, en función del riego, los resultados de los análisis cromatográficos realizados a las plantas recolectadas en la primavera de 2004. Los datos que aparecen en dicha tabla, que complementa a las correspondientes a 2002 y 2003, son de gran interés considerando la importancia otorgada a la composición del aceite esencial de estos tomillos. En su elaboración se han incluido sólo los componentes que por su concentración relativa resultan ser los más relevantes para establecer la calidad de estos aceites, teniendo en cuenta que si bien todos los constituyentes son importantes, aquellos para los que el cromatógrafo determina un porcentaje igual o superior al 0,1%, comprendidos en la tabla, suponen el 97,4% del total.

De los 34 componentes estudiados, la prueba ANOVA determina la presencia de diferencias significativas en función del riego únicamente en uno de ellos, el p-cimen-8-ol. Las proporciones que alcanzan el resto de constituyentes son equiparables con todos los aportes hídricos en este tercer año de estudio.

Entre los hidrocarburos terpénicos más abundantes en esta cosecha destacan p-cimeno, γ -terpineno, mirceno y α -terpineno. Es en este grupo químico en el que se aprecia el mayor número de componentes que muestran diferencias significativas en su concentración en función del riego en 2002, 17 en total, los cuales quedan reducidos a dos en 2003. En este último año de ensayo no se aprecian tales diferencias en ningún caso. Si bien algunos de los componentes cuya síntesis se ve afectada por el riego en 2002 y 2003 no se incluyen en la tabla del presente apartado, el hecho de que entre las concentraciones relativas de los que sí aparecen no se detecten diferencias en base al suministro de agua, corrobora la tendencia hacia el equilibrio entre tratamientos que ya se evidencia en 2003.

Determinados terpenos, como limoneno y terpinoleno, experimentan un ligero aumento en sus promedios en 2004 respecto a los dos años anteriores; otros, como (*E*)-cariofileno, siguen una evolución contraria. Pero las concentraciones de la mayor parte de estos constituyentes oscilan entre los tres años, de forma más o menos relevante, y sin que se pueda apreciar una relación clara entre estas variaciones y el tratamiento hídrico aplicado.

Sólo un alcohol, el p-cimen-8-ol, revela una respuesta sensible al riego en 2004. Los suplementos hídricos que implican un menor aporte de agua (40 y 20% de la ETo) resultan significativamente menos favorables para la síntesis de este compuesto. Las concentraciones relativas que alcanza el p-cimen-8-ol en 2004 son parecidas a las de 2003, y en general superiores a las del primer año de ensayo.

Entre el resto de alcoholes destaca por sus porcentajes el linalol, que eleva en 2004 los promedios alcanzados con el 60 y 20% de la ETo tanto respecto a 2002 como a 2003. El borneol, por su parte, incrementa su presencia en el aceite esencial con todos los tratamientos en 2004, excepto con el correspondiente al menor suministro de agua. Ambos alcoholes se encuentran entre los que presentan mayor carácter impacto en el aroma de los aceite esenciales (Goodner *et al.*, 2006).

Tabla III.2–8. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*, en función del aporte hídrico (Primavera 2004).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos terpénicos					
α -Tujeno*	940	0,90 \pm 0,14	1,03 \pm 0,19	0,92 \pm 0,20	0,96 \pm 0,21
α -Pinoeno	949	0,61 \pm 0,06	0,65 \pm 0,10	0,62 \pm 0,09	0,64 \pm 0,10
Canfeno	969	0,29 \pm 0,12	0,38 \pm 0,15	0,27 \pm 0,10	0,26 \pm 0,14
β -Pinoeno	1007	0,15 \pm 0,01	0,16 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02
Mirceno	1026	1,34 \pm 0,25	1,26 \pm 0,29	1,27 \pm 0,23	1,40 \pm 0,28
α -Felandreno	1042	0,14 \pm 0,02	0,13 \pm 0,03	0,14 \pm 0,03	0,19 \pm 0,15
α -Terpinoeno	1058	1,12 \pm 0,17	1,04 \pm 0,21	1,11 \pm 0,24	1,25 \pm 0,32
p-Cimeno	1068	18,28 \pm 2,17	19,37 \pm 3,24	18,79 \pm 2,15	18,23 \pm 3,06
Limoneno	1073	0,50 \pm 0,02	0,51 \pm 0,03	0,50 \pm 0,03	0,51 \pm 0,04
γ -Terpinoeno	1109	4,41 \pm 1,54	3,92 \pm 1,42	4,05 \pm 1,32	5,32 \pm 2,23
Terpinoleno + (<i>E</i>)-Óxido de linalol	1141	0,19 \pm 0,03	0,21 \pm 0,05	0,19 \pm 0,04	0,20 \pm 0,03
(<i>E</i>)-Cariofileno	1419	0,72 \pm 0,38	0,69 \pm 0,16	0,76 \pm 0,19	0,63 \pm 0,29
α -Humuleno	1457	0,13 \pm 0,05	0,15 \pm 0,05	0,14 \pm 0,05	0,11 \pm 0,06
δ -Cadineno	1553	0,10 \pm 0,05	0,09 \pm 0,03	0,07 \pm 0,02	0,08 \pm 0,03
Alcoholes					
1-Octen-3-ol	1009	0,30 \pm 0,11	0,31 \pm 0,09	0,27 \pm 0,05	0,25 \pm 0,08
3-Octanol	1031	0,13 \pm 0,07	0,15 \pm 0,08	0,15 \pm 0,08	0,09 \pm 0,04
(<i>E</i>)-Hidrato de sabineno	1116	0,52 \pm 0,08	0,60 \pm 0,12	0,54 \pm 0,15	0,51 \pm 0,11
(<i>Z</i>)-Hidrato de sabineno*	1151	0,07 \pm 0,01	0,11 \pm 0,10	0,07 \pm 0,02	0,07 \pm 0,01
Linalol	1152	2,94 \pm 0,93	3,27 \pm 0,96	2,49 \pm 0,70	2,60 \pm 0,60
Borneol	1211	0,64 \pm 0,33	0,82 \pm 0,34	0,60 \pm 0,25	0,54 \pm 0,32
Terpinen-4-ol	1220	0,62 \pm 0,07	0,62 \pm 0,10	0,61 \pm 0,12	0,60 \pm 0,06
p-Cimen-8-ol	1227	0,10 \pm 0,03 ^a	0,08 \pm 0,03 ^{ab}	0,08 \pm 0,01 ^b	0,07 \pm 0,02 ^b
α -Terpineol	1231	0,16 \pm 0,02	0,16 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02	0,14 \pm 0,02
Espatuleno	1640	0,09 \pm 0,06	0,08 \pm 0,08	0,10 \pm 0,09	0,11 \pm 0,06
Aldehídos					
Geranial + Perialdehído	1292	0,28 \pm 0,09	0,23 \pm 0,04	0,22 \pm 0,08	0,23 \pm 0,09
Cetonas					
3-Octanona	1019	0,20 \pm 0,11	0,19 \pm 0,16	0,21 \pm 0,08	0,22 \pm 0,09
Ésteres					
Acetato de bornilo	1302	0,13 \pm 0,05	0,13 \pm 0,03	0,13 \pm 0,04	0,14 \pm 0,04
Fenoles					
Éter metílico de carvacrol	1272	1,08 \pm 1,09	0,48 \pm 0,72	0,37 \pm 0,56	0,54 \pm 0,73
Timol	1308	57,95 \pm 3,57	56,76 \pm 3,49	58,59 \pm 2,90	58,00 \pm 3,90
Carvacrol	1314	2,82 \pm 0,76	3,27 \pm 0,53	3,29 \pm 0,50	3,12 \pm 0,55
Eugenol	1358	0,10 \pm 0,04	0,07 \pm 0,03	0,10 \pm 0,06	0,09 \pm 0,04
Peróxidos					
Óxido de cariofileno	1650	0,36 \pm 0,18	0,44 \pm 0,16	0,37 \pm 0,11	0,32 \pm 0,15

^{a,b} Valores con distinto superíndice en la misma línea presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el test de la Menor Diferencia Significativa de Fisher ($P < 0,05$).

\pm Desviación estándar.

* Identificación tentativa.

I. R. Índices de Kovats (HP-5).

Geranial y perialdehído, los aldehídos mayoritarios en esta subespecie, no ven sus concentraciones afectadas por el riego en ninguna recolección.

Entre las cetonas y los ésteres identificados en este tomillo, tan solo 3-octanona y acetato de bornilo aparecen reflejados en la tabla que engloba los resultados de la recolección de 2004. Para ninguno de ellos se detectan diferencias entre tratamientos en esta cosecha, obteniéndose los mejores promedios con el 20% de la ETo en los dos casos.

En cuanto a los fenoles, los análisis estadísticos realizados determinan un comportamiento semejante frente a todos los tratamientos hídricos en la primavera de 2004, al igual que ocurre en 2003. El timol, componente que sí mostraba una concentración dependiente del riego en 2002, presenta en el último año de estudio unos porcentajes muy equilibrados, que oscilan entre el $58,6 \pm 2,90\%$ alcanzado con el 40% de la ETo, y el $56,8 \pm 3,49\%$ que se obtiene con el 60%. En la Figura III.2–6 se puede apreciar cómo se comporta este tomillo en lo que se refiere al contenido en timol de su aceite esencial, en función de cada aporte hídrico. En la gráfica se observa que, con el tratamiento ajustado al 20% de la ETo, la media (línea roja discontinua) y la mediana prácticamente coinciden, determinándose un contenido en timol superior al 58% para la mitad de los tomillos analizados. Un valor de la mediana similar al anterior proporcionan tanto el 80 como el 40% de la ETo. Sin embargo, aplicando este último tratamiento se consiguen mejores resultados, ya que el 50% de las plantas alcanza un porcentaje de timol que supera el 58,5%, aunque los percentiles 75 y 90 correspondientes a este aporte hídrico están por debajo de los demás.

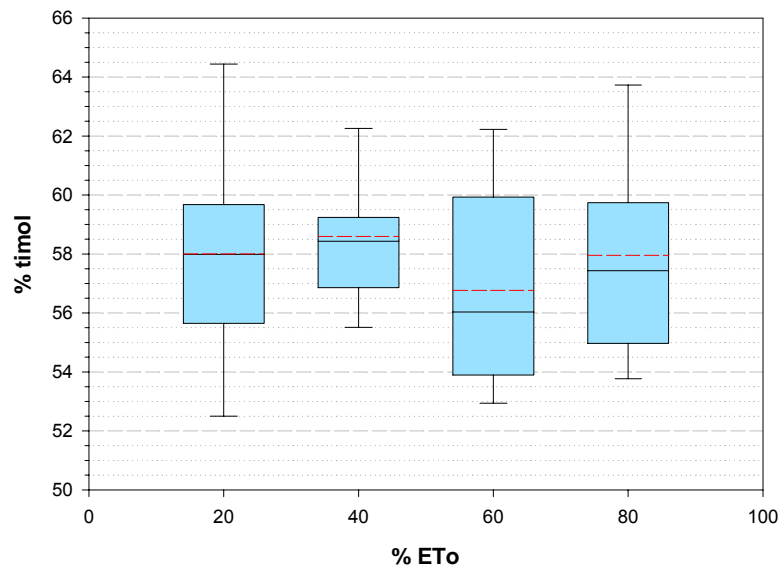
***Thymus zygis* (2004)**

Fig. III.2-6. Distribución de las plantas según su contenido en timol.

Respecto al carvacrol, el promedio más bajo de esta cosecha se obtiene con el 80% de la ETo. El eugenol, por su parte, aumenta o mantiene su concentración relativa respecto a 2002 y 2003 con todos los tratamientos, y en el caso del éter metílico de carvacrol, es destacable la elevada desviación estándar que presenta en todas las recolecciones, lo que indica que la variabilidad intraespecífica afecta notablemente a este fenol.

Estos resultados no hacen sino confirmar lo que ya se manifiesta los dos años anteriores: la calidad de estos aceites, relacionada principalmente con su contenido en timol, queda garantizada con un suministro de agua que no supere la necesaria para compensar el 40% de la ETo. Este suministro hídrico es también adecuado para optimizar la síntesis de la mayor parte del resto de componentes de estas sustancias, consideración importante ya que, como se ha mencionado anteriormente, las propiedades atribuidas a los aceites esenciales se basan en la acción conjunta de todos sus constituyentes.

A.1) Evolución de la influencia del riego en la síntesis de fenoles.

Al igual que se ha hecho con lo referente a la producción de biomasa y aceite esencial, también es importante estudiar cómo afectan las sucesivas siegas a la síntesis de los principales componentes de estos aceites, en función del nivel de agua aportado a la parcela. En el caso de *Th. zygis* subsp *gracilis*, como ocurre con las otras dos especies ensayadas en esta Tesis, los constituyentes más importantes son el timol y el carvacrol.

Para contrastar la evolución de estos dos componentes, se han representado gráficamente los porcentajes obtenidos para los mismos en los tres años de estudio, que aparecen reflejados en las Tablas III.2–6 a III.2–8, con el objeto de analizar por separado los resultados proporcionados por cada suplemento hídrico con el transcurso del tiempo (Figura III.2–7).

La observación más relevante es la dedicada al timol, dado que dicho fenol define el quimiotipo en esta subespecie y, a pesar de la conveniencia de valorar todos los componentes, actualmente el alcance de los aceites esenciales extraídos de estos tomillos queda determinado por su contenido en timol. Un descenso sustancial en la síntesis de este componente con el transcurso del tiempo sería un punto negativo a la hora de plantearse el establecimiento de cultivos de estas labiadas. En la Figura III.2–7a es posible apreciar que en 2002 las diferencias entre algunos tratamientos son bastante marcadas, debido muy probablemente a una respuesta de las plantas ante los distintos aportes de agua iniciados un año antes, que se traduce en la alteración de la síntesis de este fenol. El hecho de que tales diferencias se atenúen en 2003 y 2004 puede estar relacionado, como se ha sugerido anteriormente, con una adaptación de los tomillos a sus condiciones de desarrollo, que se evidencian con el paso del tiempo.

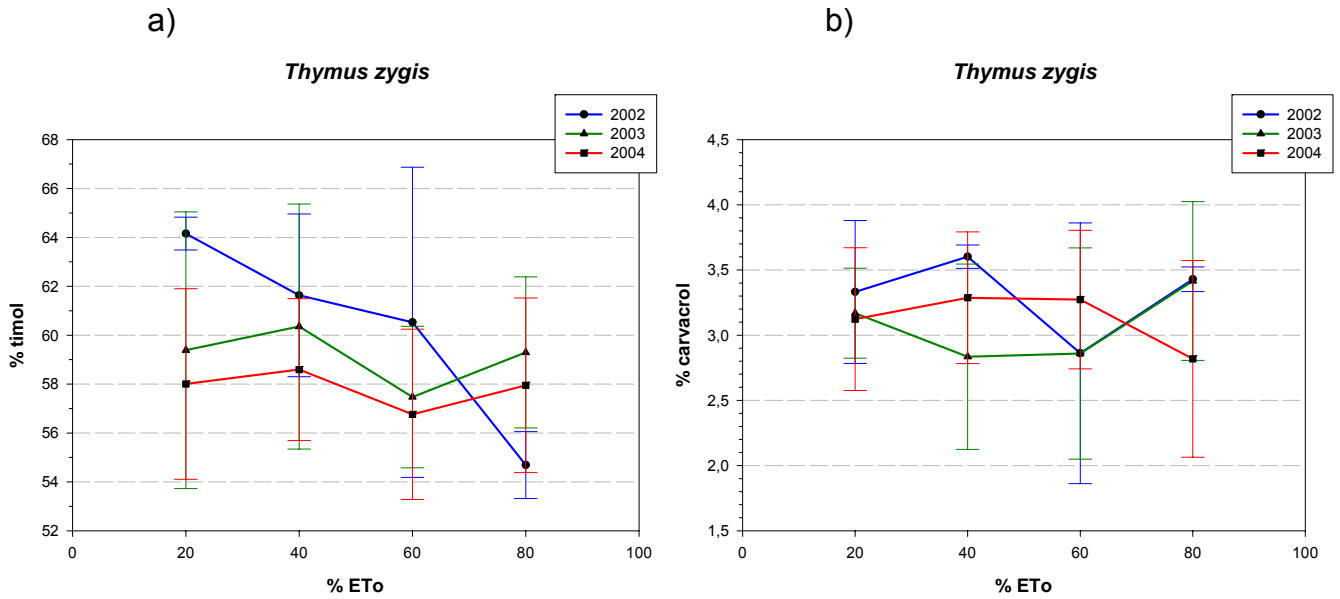


Fig. III.2–7. Evolución de la síntesis de compuestos fenólicos.

En general, se puede advertir una cierta tendencia hacia el descenso en la producción de timol con el transcurso del tiempo. No obstante, los análisis estadísticos determinan que tal descenso no es significativo si el agua aplicada a la parcela es la necesaria para compensar el 80, 60 ó 40% de la ETo, aunque sí lo es con el menor aporte hídrico, alcanzándose en 2002 porcentajes de timol significativamente superiores a los de 2003 y 2004 con dicho tratamiento. No hay diferencias entre los dos últimos años en ningún caso.

Respecto al carvacrol (Figura III.2–7b), los tres años de estudio proporcionan unos resultados homogéneos, no hallándose diferencias significativas entre ellos con ninguno de los tratamientos hídricos aplicados.

B) Estudio de la variabilidad intraespecífica.

Esta sección pretende documentar la variabilidad química presente en el aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*.

Aunque en todas las plantas recolectadas se ha determinado un quimiotipo timol simple, la composición cuantitativa de estos aceites muestra oscilaciones importantes que afectan a los porcentajes de todos los componentes.

Dado que, como se ha visto en las tablas presentadas en los apartados precedentes, aportar una cantidad de agua u otra a los tomillos no afecta a la síntesis de la mayoría de sus constituyentes volátiles, consideraremos todas las plantas en conjunto y expondremos las concentraciones relativas máxima y mínima encontradas para los componentes más relevantes de las 96 muestras analizadas en 2004.

En la Tabla III.2–9, en la que se presentan tales componentes en orden decreciente de acuerdo a su presencia en el aceite esencial, quedan reflejados estos datos. En dicha tabla aparece también el promedio determinado para cada componente entre el total de plantas consideradas, así como el valor de la mediana, ya que este parámetro no se ve afectado por valores muy grandes o muy pequeños, y como se ha visto anteriormente, puede proporcionar una información más precisa sobre la forma en que los valores que presentan estos componentes se distribuyen en la población.

Algunos constituyentes varían su concentración de unas plantas a otras en un amplio rango. Es el caso de terpenos como p-cimeno, γ -terpineno, (*E*)-cariofileno, canfeno, α -felandreno, α -humuleno o δ -cadineno. Respecto al p-cimeno, con la mitad de las plantas analizadas se obtiene un porcentaje igual o inferior al 18,48%, siendo pocos los individuos que superan el 22%. El γ -terpineno, por su parte, es un reflejo de la variabilidad química presente en esta subespecie, ya que este

componente manifiesta un dilatado margen de valores que, además, engloba de manera bastante proporcional a todos los tomillos recolectados, coincidiendo prácticamente el promedio obtenido a partir de las muestras consideradas (4,42%) con la cantidad que señala la mediana (4,22%). Respecto a las propiedades de ambos precursores fenólicos, Youdim *et al.* (2002) determinan que el γ -terpineno es más efectivo como antioxidante que el *p*-cimeno.

Es interesante resaltar también los resultados que presenta el α -felandreno, monoterpeno de bajo peso molecular cuyo contenido en estos aceites oscila entre 0,08 y 0,68%, aunque, según nuestros análisis, el 90% de los tomillos alcanzan una concentración relativa para este compuesto que no supera el 0,18%, siendo muy pocas las plantas que se sitúan en el nivel más alto de rendimientos.

Entre los alcoholes, son muchos los que muestran una importante fluctuación en sus proporciones. El linalol es el más abundante, y aunque la cantidad relativa más alta detectada ha sido 5,59%, la gran mayoría de las plantas no supera el 4% en porcentaje de área para este alcohol. Algo parecido, aunque con concentraciones más bajas, ocurre con 1-octen-3-ol y (*Z*)-hidrato de sabineno, alcoholes que presentan un valor máximo que se aleja de los porcentajes más habituales determinados en estos tomillos, ya que en ambos casos el 90% de los ejemplares estudiados no sobrepasan el 0,38 y 0,09% respectivamente. Cabe señalar que el *p*-cimen-8-ol es el único componente cuya síntesis se ve afectada por el riego en 2004. No obstante, se ha considerado interesante especificar aquí sus porcentajes máximo y mínimo, detectados en el conjunto de plantas recolectadas, y se ha comprobado que para la mitad de las mismas el contenido de este alcohol es igual o inferior al 0,08%.

Con geranial y perialdehído, que se integran juntos, así como con 3-octanona, hemos podido constatar que sólo en un 10% de las plantas consideradas estos componentes alcanzan una cantidad superior al 0,34 y 0,33%, respectivamente.

Tabla III.2–9. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. zygis* subsp. *gracilis*, quimirotipo timol.

Componentes	Concentración (%)	Promedio	Mediana
Timol	52,13 – 65,86	57,84	57,67
p-Cimeno	13,93 – 26,67	18,66	18,48
γ-Terpineno	1,13 – 9,32	4,42	4,22
Carvacrol	1,46 – 3,88	3,12	3,34
Linalol	1,41 – 5,59	2,82	2,72
Mirceno	0,67 – 1,91	1,32	1,37
α-Terpineno	0,71 – 1,89	1,13	1,11
α-Tujeno*	0,60 – 1,37	0,95	0,94
(E)-Cariofileno	0,11 – 1,51	0,70	0,69
Borneol	0,17 – 1,24	0,65	0,61
α-Pineno	0,43 – 0,81	0,63	0,63
Éter metílico de carvacrol	0,02 – 2,93	0,62	0,24
Terpinen-4-ol	0,32 – 0,83	0,61	0,62
(E)-Hidrato de sabineno	0,24 – 0,86	0,54	0,51
Limoneno	0,44 – 0,59	0,50	0,50
Óxido de cariofileno	0,06 – 0,84	0,37	0,34
Canfeno	0,10 – 0,57	0,30	0,28
1-Octen-3-ol	0,10 – 0,62	0,28	0,27
Geranial + Perialdehído	0,09 – 0,45	0,24	0,24
3-Octanona	0,05 – 0,54	0,21	0,18
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	0,10 – 0,28	0,20	0,20
α-Felandreno	0,08 – 0,68	0,15	0,14
α-Terpineol	0,10 – 0,20	0,15	0,15
β-Pineno	0,11 – 0,19	0,15	0,15
α-Humuleno	0,01 – 0,27	0,13	0,13
Acetato de bornilo	0,06 – 0,25	0,13	0,13
3-Octanol	0,02 – 0,33	0,13	0,11
Espatuleno	0,01 – 0,31	0,10	0,07
Eugenol	0,03 – 0,28	0,09	0,09
δ-Cadineno	0,02 – 0,19	0,08	0,08
p-Cimen-8-ol	0,04 – 0,17	0,08	0,08
(Z)-Hidrato de sabineno*	0,04 – 0,42	0,08	0,07

* Identificación tentativa.

El acetato de bornilo muestra unos rendimientos que representan uniformemente a todos estos tomillos, obteniéndose un valor para la mediana que corresponde a una concentración del 0,13%. No sigue la misma tendencia el óxido de cariofileno, peróxido que a pesar de que su límite superior alcanza el 0,84%, sólo registra un porcentaje por encima del 0,63% en un 5% de los casos.

Finalmente, por lo que se refiere al timol, podemos afirmar que la mayoría de los tomillos recolectados, concretamente el 75%, posee una cantidad relativa de este fenol igual o superior al 59,62%, en tanto que proporciones que excedan el 64% se detectan en el 5% de las plantas analizadas. En cuanto al carvacrol, porcentajes alrededor del 3% son los más comunes en esta subespecie. Y su éter metílico, componente en el que en todas las siegas se puede evidenciar la variabilidad intraespecífica presente en estas labiadas, al ser su desviación estándar en muchas ocasiones superior a la media obtenida entre las distintas plantas, manifiesta valores por encima del 0,80% en la cuarta parte de los tomillos. El eugenol, por su parte, se halla en concentraciones iguales o inferiores a 0,14% en el 90% de las plantas.

Como se puede apreciar, entre las plantas de un mismo quimiotipo se pueden encontrar importantes variaciones cuantitativas, que quedan reflejadas en las diferencias que encontramos en los porcentajes de todos los constituyentes de sus aceites. En algunos casos, tales variaciones se manifiestan con un amplio rango de valores en el que quedan representadas todas las plantas de forma homogénea; en tanto que en otras ocasiones, resultados que quedan muy por encima o por debajo del promedio determinado para cada componente se detectan en un número relativamente reducido de plantas.

Como nota final a lo expuesto en este capítulo, es importante destacar, una vez más, la ventaja que supondría para el agricultor el empleo de semillas procedentes de plantas seleccionadas, adaptadas al cultivo, y con un contenido en timol adecuado. Esta condición resulta especialmente necesaria para posibilitar el establecimiento de plantaciones rentables a partir de este tomillo, dado el incremento en la mortalidad observado en el segundo año de estudio.