

III. 3. *THYMUS VULGARIS*.

De todas las especies que abarca el género *Thymus*, sin duda *Th. vulgaris* es la más estudiada en todos los aspectos, con numerosas publicaciones que hacen referencia, especialmente, a su aceite esencial.

Por lo que se refiere a la presente Memoria, las plantas empleadas se han obtenido a partir de semillas comerciales, de origen francés, procedentes de plantas seleccionadas para producir gran cantidad de hoja. Tales plantas tienen una fisonomía diferente al tomillo común español. Muestran un porte erecto que facilita las labores de recolección, y crecen formando arbustos más frondosos que nuestro tomillo autóctono, con hojas de mayor tamaño. El proceso de selección de estos cultivares da como resultado tomillos de los que es posible obtener una abundante producción de fitomasa, aunque en detrimento del rendimiento en aceite esencial, que raramente alcanza el 2% respecto al peso seco.

Al tratarse de plantas selectas, la variabilidad intraespecífica no es tan importante como la encontrada en *Th. hyemalis* y *Th. zygis*. Por ello, en estas plantas no se realiza el estudio de variabilidad llevado a cabo con las dos especies anteriores. No obstante, tanto los rendimientos en aceite esencial como las concentraciones relativas halladas para los constituyentes de esos aceites oscilan en rangos que pueden ser más o menos amplios.

Respecto a su composición química, el quimiotipo timol simple ha sido el determinado en los aceites de todas las plantas analizadas, con un porcentaje para este componente que se sitúa generalmente entre el 40 y el 50%.

Se han desarrollado cultivos de este tomillo en Provenza (Francia), origen de las semillas empleadas en el presente estudio, así como en diferentes regiones españolas, principalmente de la zona norte del país.

Por lo que respecta al ensayo agronómico aquí descrito, es necesario comentar que en el primer año del mismo se dieron las condiciones necesarias, tanto ambientales como de la propia fisiología de la planta, para el desarrollo de dos ciclos fenológicos completos de *Th. vulgaris*, que propiciaron dos períodos de floración, el primero en febrero y el segundo en mayo, coincidiendo con *Th. hyemalis*. No obstante, hemos podido comprobar que en invierno de 2002 los valores obtenidos, relativos a producción de biomasa y a calidad del aceite esencial son, en general, inferiores a los alcanzados en primavera, por lo que parece que las condiciones primaverales son más favorables para el crecimiento de estos tomillos. Por ello, y ya que en 2003 y 2004 se obtiene una sola recolección, se ha estimado oportuno incluir en los resultados de este estudio la siega correspondiente a invierno de 2002 únicamente como referencia en cuanto a producciones, excluyendo las tablas correspondientes a la composición química del aceite esencial.

Aportando únicamente aquellos datos que resultan relevantes, se pretende facilitar la interpretación de tales resultados.

Para la presentación de estos datos, así como para los análisis estadísticos realizados a los mismos, se han seguido las mismas pautas descritas en capítulos anteriores.

III. 3. 1. EFECTO DE LAS SIEGAS SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE LAS PLANTAS.

En la Tabla III.3–1 se exponen las marras que se han ocasionado a lo largo de los tres años de estudio.

El escaso porcentaje de marras registrado, notablemente inferior al detectado en las dos especies anteriores, indica que estas plantas están bien adaptadas al cultivo. Esto es lo que cabría esperar, ya que la selección previa asegura la obtención de plantas resistentes a las siegas,

lo que certifica la necesidad de realizar tal selección como paso previo a la plantación.

Tabla III.3–1. Porcentaje de marras ocasionadas a lo largo de los tres años de cultivo.

	% ETo			
	80	60	40	20
	% marras			
2002	7	3	2	2
2003	13	7	8	4
2004	24	18	16	6

Gráficamente, traduciendo estos datos a número de plantas vivas, podemos visualizar mejor cómo afectan los distintos niveles de riego a la supervivencia de estos tomillos (Figura III.3–1).

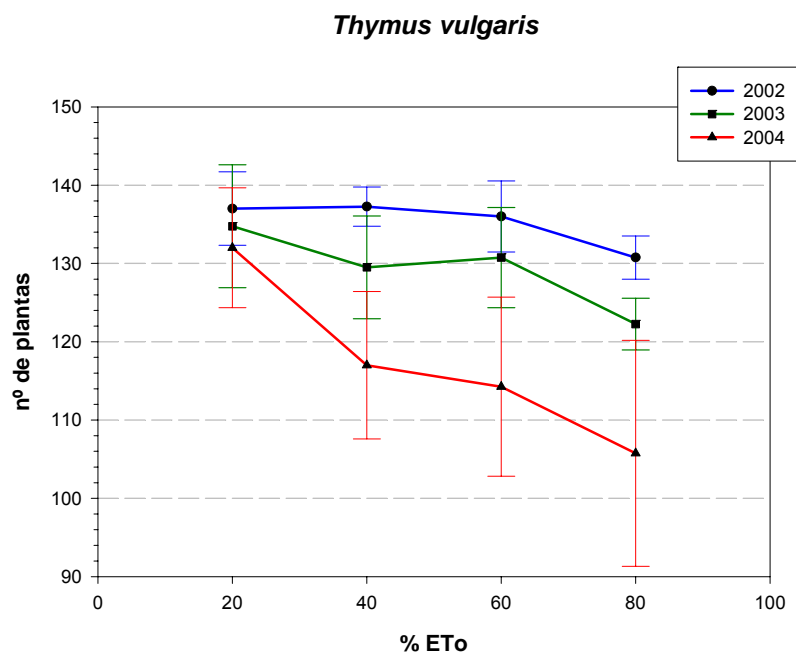


Fig. III.3–1. Número de plantas vivas, en función de la ETo, encontradas en los tres años de estudio.

Tras la recolección de 2003, se acentúa la pérdida de plantas, excepto con el tratamiento correspondiente al 20% de la ETo. El tomillo común de origen comercial, a pesar de ser una planta que responde bien con niveles altos de humedad, manifiesta una reducción más acusada en el número de individuos viables a medida que se eleva la cantidad de agua que reciben las plantas, si estas condiciones hídricas se mantienen durante un tiempo prolongado. Esto se observa con bastante claridad en 2004. Aún así, este descenso es poco pronunciado si se compara con el que se aprecia en el último año de ensayo en plantas de *Th. hyemalis* y *Th. zygis* que han estado recibiendo el riego correspondiente al 80% de la ETo, con una cantidad de tomillos vivos situada entre 34–46 y 47–67 respectivamente.

III. 3. 2. PRODUCCIÓN DE BIOMASA.

La fitomasa producida por esta especie el primer año de estudio, tanto en la recolección de invierno como en la de primavera, se expone en la Tabla III.3–2. Como se puede apreciar, el hecho de estar recibiendo diferentes suplementos hídricos condiciona los resultados obtenidos en la cosecha de invierno. La materia seca generada por esta planta alcanza valores significativamente superiores con el riego correspondiente al 80% de la ETo ($P < 0,05$), proporcionando el resto de tratamientos resultados equivalentes; por lo que respecta a la hoja seca, aplicar el 80 ó el 60% de la ETo no afecta a la producción de esta materia prima.

Sin embargo, en la recolección de mayo de este primer año, realizada tres meses después de la primera cosecha, el rendimiento en material vegetal obtenido a partir de estos tomillos no se ve afectado por el aporte hídrico proporcionado y, además, las producciones son significativamente superiores a las de invierno con el aporte hídrico más bajo, aunque las diferencias entre estaciones no son tan acusadas cuando se incrementa el agua que reciben las plantas.

Tabla III.3–2. Valores de producción, en función de la ETo, correspondientes a 2002.

	Invierno			
	% ETo			
	80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Kg MF/ha	8.502,4 ± 2.056,04 ^a	5.669,8 ± 389,62 ^b	4.789,3 ± 1.895,88 ^b	3.725,2 ± 1.489,58 ^b
% MS	43,32	45,47	44,90	41,67
Kg MS/ha	3.683,2 ± 890,68 ^a	2.578,1 ± 177,16 ^b	2.150,4 ± 851,25 ^b	1.552,3 ± 620,71 ^b
% HS/MS	58,20	66,13	63,63	69,85
Kg HS/ha	2.143,6 ± 518,37 ^a	1.704,9 ± 117,16 ^{ab}	1.368,3 ± 541,65 ^b	1.084,3 ± 433,57 ^b

	Primavera			
	% ETo			
	80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Kg MF/ha	8.566,6 ± 1.147,05	7.338,0 ± 634,96	7.074,2 ± 1.177,20	6.315,4 ± 1.480,85
% MS	38,84	53,05	42,51	53,27
Kg MS/ha	3.327,3 ± 445,52	3.892,8 ± 336,85	3.007,2 ± 500,43	3.364,2 ± 788,85
% HS/MS	57,47	55,55	59,07	57,63
Kg HS/ha	1.912,2 ± 256,04	2.162,4 ± 187,12	1.776,4 ± 295,60	1.938,8 ± 454,61

^{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 la segunda cosecha de 2002 no se aprecian diferencias con significación estadística entre tratamientos, de ahí que únicamente se pueda hablar de tendencias; y en este sentido podemos advertir una relación directa entre el tomillo fresco generado y el nivel de agua suministrado a las plantas. No ocurre lo mismo con el producto desecado, ya que los porcentajes tanto de materia como de hoja seca no siguen una pauta clara, lo que se refleja en los resultados finales alcanzados con los kilos de material seco. Esto puede estar relacionado con la estructura morfológica de este tipo de tomillo, bastante leñoso y más parecido en este sentido a *Th. hyemalis* que a *Th. zygis*. Por ello, el rendimiento en materia seca no sigue necesariamente una relación inversamente proporcional al aporte hídrico recibido por las plantas.

También es interesante mencionar que las producciones conseguidas con esta planta superan a las alcanzadas con *Th. hyemalis*, pero quedan por debajo de las proporcionadas por *Th. zygis* en 2002, incluso si consideramos las dos recolecciones en conjunto.

Se pueden encontrar diversas publicaciones que hacen referencia a plantaciones experimentales de este tomillo comercial, como el trabajo de Sánchez Gómez *et al.* (1989), los cuales, con plantas de menos de dos años, obtienen 4.314 Kg/ha de material en fresco, con una densidad de 25.000 plantas/ha. Burillo (1990) cultiva esta planta en cuatro localidades de Aragón y, con 16.600 plantas/ha, consigue unas producciones medias en seis años que oscilan, en función de la zona, entre 1.913 y 1.992 Kg/ha de tomillo fresco. Sotomayor (1998) alcanza, con una densidad de 25.000 plantas/ha, el máximo rendimiento en hoja seca de *Th. vulgaris* comercial de Provenza durante el tercer año de ensayo, con 1.024 Kg/ha, dato que corresponde a la parcela de Torreblanca.

Aportando agua a la plantación, en concreto la necesaria para compensar el 60% de la ETo, este cultivar de origen francés proporciona en la misma parcela de Torreblanca 8.068 Kg/ha de materia fresca, de la que se pueden obtener 1.589 Kg/ha de hoja seca, con plantas de siete meses (Sotomayor *et al.*, 2001). Estos resultados son muy interesantes, ya que reflejan los datos de la primera recolección realizada a las plantas empleadas para la realización de la presente Memoria, y como se puede observar, los valores de producción en fresco son bastante similares a los logrados con este mismo aporte hídrico en la primavera de 2002, transcurridos dos años desde el establecimiento de la plantación. Esto indica que estos tomillos seleccionados están perfectamente adaptados al cultivo, y son capaces de alcanzar producciones importantes en estados muy tempranos de desarrollo, aunque los porcentajes tanto de materia como de hoja secas (40,7 y 48,4% respectivamente) son inferiores a los conseguidos con plantas más maduras.

También hay referencias a cultivos de otras procedencias de *Th. vulgaris*. Piccaglia y Marotti (1991) realizan un trabajo experimental con un ecotipo procedente del norte de Italia obteniendo, con 80.000 plantas/ha, una producción de material en fresco de 4.900 Kg/ha cuando ha transcurrido un año desde la plantación, cantidad que se eleva hasta 14.700 Kg/ha el segundo año, en el que las plantas alcanzan mayor tamaño. Por su parte, Omidbaigi y Rezaei Nejad (2000) establecen un cultivo de esta especie en una estación experimental situada cerca de Teherán (Irán), a partir de semillas procedentes de Alemania. En este ensayo la producción más elevada se logra con plantas que se encuentran en estado de fructificación temprana, con un rendimiento de 1.238,2 Kh/ha de materia seca, que supera significativamente al que se consigue cuando los tomillos están en plena floración (429,7 Kg/ha). Las recolecciones se efectúan el mismo año de la plantación, a la que se aporta agua regularmente, y la densidad poblacional es de 125.000 plantas/ha.

Los resultados de la recolección de la primavera de 2003 del presente ensayo quedan reflejados en la Tabla III.3–3. Tales resultados corresponden a la primera y única cosecha que se contempla en este año, al igual que ocurre en 2004.

Tabla III.3–3. 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	19.565,4 ± 2.265,62 ^a	16.008,1 ± 3.807,78 ^{ab}	15.329,1 ± 2.000,90 ^b	9.800,7 ± 1.660,20 ^c
% MS	38,32	36,25	36,12	35,50
Kg MS/ha	7.497,5 ± 868,19 ^a	5.802,9 ± 1.380,32 ^b	5.536,9 ± 722,73 ^b	3.479,2 ± 589,37 ^c
% HS/MS	51,47	58,30	51,29	57,89
Kg HS/ha	3.858,9 ± 446,86 ^a	3.383,1 ± 804,73 ^{ab}	2.839,9 ± 370,69 ^b	2.014,1 ± 341,19 ^c

^{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.

En la siega correspondiente al segundo año de estudio las plantas han dispuesto de más tiempo para desarrollarse, al no darse las circunstancias necesarias para poder realizar un primer corte en invierno, encontrando en primavera las condiciones climáticas óptimas para la floración. Por eso las producciones superan a las alcanzadas en esta estación en 2002, llegando a doblarlas con todos los tratamientos, salvo el correspondiente al 20% de la ETo.

Es evidente que los distintos niveles de riego han afectado al rendimiento en fitomasa de estos tomillos. La producción es significativamente peor con el suplemento hídrico más bajo, en tanto que aplicar el tratamiento correspondiente al 80% de la ETo proporciona los mejores resultados, aunque no hay diferencias con el 60% en lo que se refiere al material en fresco y a la hoja seca.

También se puede apreciar que el porcentaje de materia seca que proporcionan las plantas aumenta a medida que se eleva el agua que reciben, lo cual se relaciona, como se apunta anteriormente, con un mayor desarrollo de los tallos en este tipo de tomillo, con una marcada estructura leñosa, y que crece mejor en condiciones de elevada humedad edáfica, lo que se hace más evidente en este segundo año de ensayo.

Los valores alcanzados en la primavera de 2004 aparecen en la Tabla III.3–4. En esta cosecha, los mejores promedios de producción se consiguen con el tratamiento correspondiente al 60% de la ETo aunque, por lo que respecta a la materia seca, no hay diferencias entre regar con el 80, 60 ó 40% de la ETo, siendo significativamente peor el resultado logrado con el 20%. Las diferencias observadas entre los dos tratamientos intermedios en cuanto a producción en fresco quedan compensadas por el porcentaje de materia seca relativamente bajo obtenido con el suministro ajustado al 60% de la ETo, inferior al que se alcanza con el 40%.

Sin embargo, el 60% proporciona un excelente porcentaje de hoja seca, lo que finalmente se traduce, para dicho nivel de riego, en un rendimiento en kilos por hectárea de esta materia prima significativamente superior al conseguido con suplementos hídricos más escasos.

Tabla III.3–4. 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	12.489,6 ± 2.641,77 ^{ab}	14.703,5 ± 1.706,82 ^a	10.948,1 ± 618,41 ^{bc}	8.055,9 ± 2.768,01 ^c
% MS	36,46	33,18	36,15	32,28
Kg MS/ha	4.553,7 ± 963,19 ^a	4.878,6 ± 566,32 ^a	3.957,8 ± 223,55 ^a	2.600,4 ± 893,51 ^b
% HS/MS	48,94	54,32	50,57	54,19
Kg HS/ha	2.228,6 ± 471,38 ^{ab}	2.650,1 ± 307,63 ^b	2.001,4 ± 113,05 ^a	1.409,2 ± 484,20 ^c

^{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.

A la vista de estos resultados, se puede afirmar que este cultivar necesita un riego relativamente alto para proporcionar un óptimo rendimiento. Dado que suministrar el 80% de la ETo acentúa la mortalidad de los tomillos, el 60% parece destacarse como el tratamiento más adecuado para el crecimiento en cultivo de este tomillo.

III. 3. 3. RENDIMIENTO EN ACEITE ESENCIAL.

Th. vulgaris comercial de Provenza no se caracteriza por sintetizar cantidades importantes de aceite esencial, sino más bien al contrario, ya que el contenido en aceite determinado en estas plantas queda bastante por debajo del que presentan *Th. hyemalis* o *Th. zygis*, lo cual se traduce en una menor producción por hectárea de esta sustancia.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la presente Memoria, relativos tanto al contenido en aceite esencial de las plantas recolectadas para su análisis como a la producción por unidad de cultivo.

A) Destilación de las plantas individuales.

Para cumplir los requerimientos de los Estándares Internacionales de Calidad, el contenido mínimo en aceite esencial determinado en plantas desecadas de esta especie debe alcanzar el 0,5% (5 ml/Kg de planta seca) si el aceite se extrae de la planta intacta, y el 0,2% si procede de tomillo molido (McGimpsey, 1993).

El aceite obtenido de estas plantas es de color amarillo pálido, semejante al de *Th. zygis* y, en general, los rendimientos alcanzados en este estudio han oscilado entre 0,7 y 2,0%.

Los resultados correspondientes a las recolecciones de invierno y primavera de 2002 se muestran en la Figura III.3–2.

Como se puede apreciar, en ninguna de las dos recolecciones de 2002 el contenido en aceite esencial de estas plantas está en función del riego aportado a las mismas, oscilando los porcentajes determinados en invierno entre $1,0 \pm 0,09\%$ y $1,4 \pm 0,30\%$ (correspondientes al 60% y 40% de la ETo respectivamente), en tanto que en primavera se consiguen porcentajes más bajos, que se sitúan entre el $0,8 \pm 0,29\%$, obtenido con el 80% ETo, y el $1,1 \pm 0,30\%$ que proporciona el 40%. Es destacable que en la segunda recolección de 2002, el resultado logrado con el menor nivel de agua es idéntico al que se consigue aportando la cantidad máxima ensayada.

Como se viene comentando, estas plantas han sido seleccionadas para la producción de hoja, lo cual no impide que la variabilidad intraespecífica, característica del género *Thymus*, también se manifiesta en este cultivar, por lo que los rendimientos determinados en los tomillos que han estado recibiendo los distintos suplementos hídricos presentan rangos de variación relativamente amplios, impidiendo apreciar el efecto real de tales riegos. Tampoco se distingue una tendencia clara, aunque en ambas estaciones el promedio más alto corresponde al 40% de la ETo.

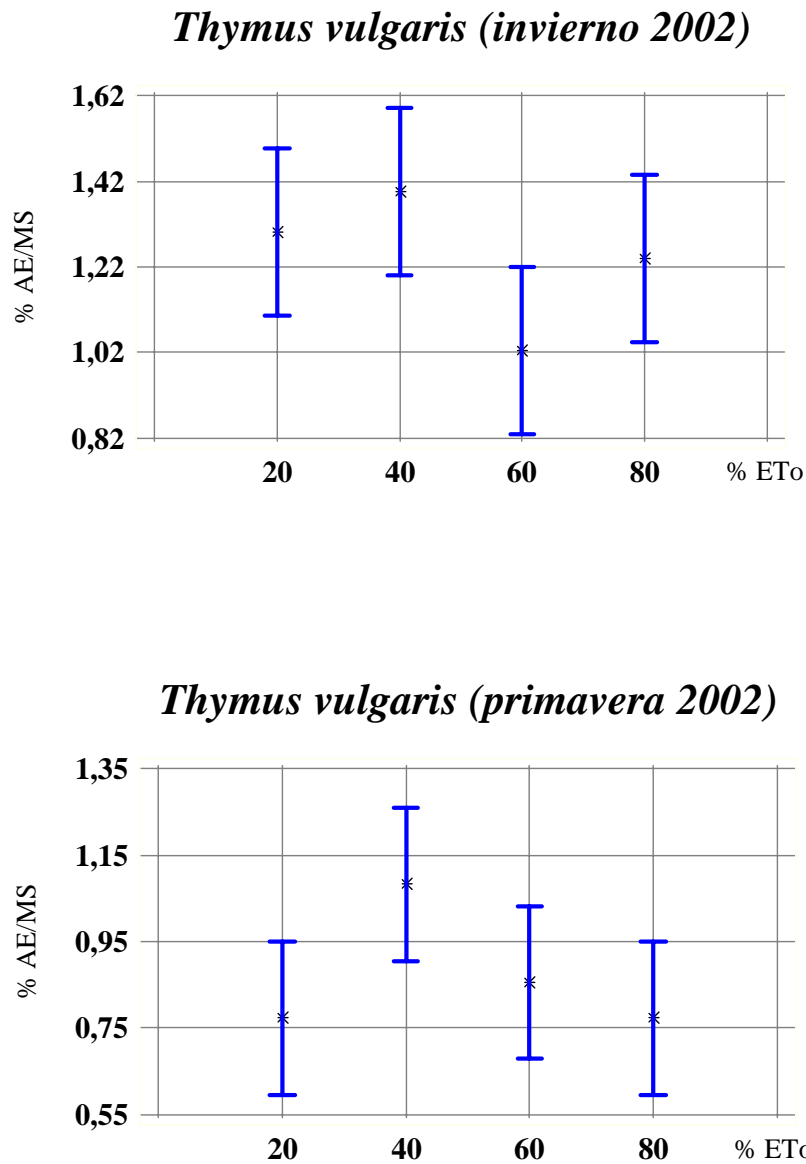


Fig. III.3–2. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2002.

Estos resultados pueden resultar atípicos, ya que el rendimiento más elevado suele estar asociado al suplemento hídrico más bajo. Sin embargo, en *Th. hyemalis* tampoco se observa esta respuesta en el primer año de ensayo. La adaptación de los tomillos a sus nuevas condiciones de crecimiento podría ser la causa de este comportamiento, aunque, por lo

que respecta a *Th. zygis*, el efecto esperado se manifiesta desde la primera recolección.

Letchamo y Gosselin (1996) trabajando con tomillo común en Canadá, analizan distintos aspectos fisiológicos y morfológicos de plantas que crecen bajo diferentes condiciones de luz y humedad, y observan un contenido en aceite esencial que oscila entre 1,10 y 1,35% (porcentaje respecto al peso seco) con luz natural, correspondiendo el valor más bajo a plantas que se desarrollan con el mayor nivel de agua en el sustrato, pero las diferencias entre los tres suplementos hídricos que ensayan estos autores tampoco son significativas.

Por su parte, Omidbaigi y Rezaei Nejad (2000), determinan en su estudio un rendimiento en aceite esencial de 0,75% cuando las plantas se encuentran en fructificación temprana.

Echeverrigaray *et al.* (2001), con semillas comerciales de *Thymus vulgaris* distinta procedencia, obtienen porcentajes de esta sustancia que oscilan entre 0,47 y 0,64%, siempre respecto al peso seco. Estos autores mencionan que sus rendimientos son más bajos que los presentados por otros investigadores, atribuyendo este hecho a las condiciones de crecimiento de los tomillos y a la constitución genética de los cultivares, factores que influyen tanto en el rendimiento como en la composición química de los aceites esenciales.

En la Figura III.3–3 quedan reflejados los porcentajes obtenidos en la recolección de 2003 del presente estudio, en la que tampoco se detectan diferencias entre riegos, aunque en esta cosecha el mejor resultado se vincula ya con el nivel de agua más bajo, con un contenido en aceite de $1,5 \pm 0,36\%$. Los tratamientos correspondientes al 40, 60 y 80% de la ETo proporcionan resultados bastante semejantes.

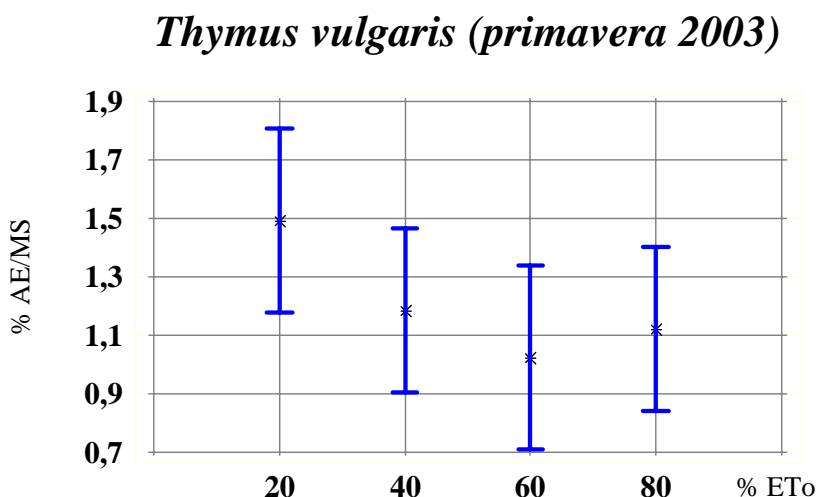


Fig. III.3–3. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2003.

En 2004 (Figura III.3–4) la prueba ANOVA tampoco determina diferencias con significación estadística entre los cuatro suplementos hídricos. En este último año de ensayo, los valores proporcionados por el tratamiento correspondiente al 20% de la ETo ($1,6 \pm 0,60\%$) también se destacan ligeramente del resto, en tanto que los porcentajes más bajos se presentan con el 80% ($1,2 \pm 0,38\%$), tal como cabría esperar.

Con los datos expuestos, queda de manifiesto que la síntesis de aceite esencial por parte de estos tomillos no se ve afectada significativamente por los diferentes niveles de riego aplicados, aunque para este cultivar de la Provenza francesa también se es posible advertir una clara tendencia a aumentar su contenido en aceite con los aportes hídricos más bajos.

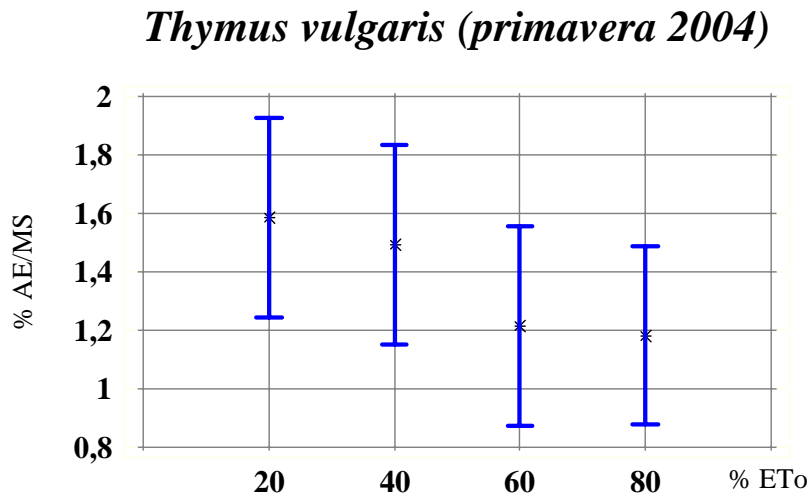


Fig. III.3–4. Rendimiento en aceite esencial, en función del riego, en 2004.

B) Producción por hectárea.

La producción, en litros por hectárea, de aceite esencial está en función de la materia seca generada con cada tratamiento de riego, así como de los porcentajes de dicho aceite que proporcionan las plantas destiladas. La Tabla III.3–5 muestra los resultados obtenidos con *Th. vulgaris* en los tres años de ensayo por lo se refiere a este parámetro.

Respecto a las dos recolecciones de 2002, se detectan diferencias entre riegos sólo en invierno.

En dicha estación, el mejor resultado se consigue con el aporte hídrico más elevado, significativamente superior a los alcanzados con el resto de tratamientos, que no muestran diferencias entre sí. Estos resultados están en consonancia con la producción de materia seca obtenida en esta recolección, que también es sustancialmente mejor con el 80% de la ETo.

En primavera, sin embargo, el rendimiento de aceite por hectárea no se muestra afectado por el nivel de riego aplicado, consiguiéndose en

esta ocasión los mejores promedios con los tratamientos hídricos intermedios (60 y 40% ETo).

Comparando el volumen de producción de ambas estaciones, el resultado conseguido en invierno con el nivel de agua más elevado supera significativamente al de primavera, en tanto que el 60% de la ETo proporciona en la segunda recolección una cantidad de aceite sustancialmente mayor a la de invierno. Las diferencias observadas entre las dos recolecciones al aplicar los suplementos hídricos más bajos no resultan significativas.

Tabla III.3–5. Valores de producción de aceite esencial, en función de la ETo.

		% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
L AE/ha	2002 (inv)	45,7 ± 11,04 ^a	26,4 ± 1,82 ^b	30,0 ± 11,87 ^b	20,2 ± 8,07 ^b
	2002 (prim)	25,7 ± 3,44	33,3 ± 2,88	32,6 ± 5,42	26,0 ± 6,09
	2003	84,0 ± 9,72 ^a	59,2 ± 14,08 ^b	65,3 ± 8,53 ^b	51,8 ± 8,78 ^b
	2004	53,7 ± 11,37	59,5 ± 6,91	59,0 ± 3,33	41,3 ± 14,21

^{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 otros trabajos experimentales, como el desarrollado durante 13 meses por McGimpsey *et al.* (1994) en Nueva Zelanda con plantas de *Th. vulgaris*, se consigue una producción máxima de 22,8 L/ha de aceite esencial, obtenida tras finalizar la floración.

Con el cultivar de Provenza, Sotomayor (1998) alcanza 40,8 L/ha en el tercer año de cultivo en la parcela de Torreblanca.

Este cultivar, cuando han transcurrido tan solo siete meses desde el establecimiento de la plantación, genera 32 L/ha si se aporta al cultivo el riego necesario para compensar el 60% de la ETo, (Sotomayor *et al.*, 2001).

En la recolección de 2003, los análisis estadísticos determinan que con el suplemento hídrico correspondiente al 80% de la ETo se consigue un resultado significativamente mejor al que se obtiene con el resto de tratamientos, que proporcionan cantidades equivalentes de aceite esencial. Esto está en consonancia con el incremento en la producción de materia seca observado en esta cosecha cuando se aplica el riego más elevado (Tabla III.3–3).

Por lo que respecta al último año de ensayo, el rendimiento en aceite esencial del cultivo no se muestra afectado por el nivel de agua que reciben las plantas. Aplicando los tratamientos correspondientes al 60 y 40% de la ETo se obtienen valores muy similares, y el promedio más bajo corresponde al menor aporte hídrico, aunque no es significativamente distinto de los demás. Esto se debe a que el contenido en aceite esencial de las plantas que reciben este suplemento de agua, relativamente mayor que el resto, compensa la menor producción de materia seca alcanzada respecto a suministros hídricos más elevados.

Como ha quedado de manifiesto, estos tomillos no generan cantidades de aceite esencial demasiado abundantes, probablemente debido al proceso de selección que se ha seguido para obtener este cultivar.

En lo que al presente estudio se refiere, al considerar la producción por hectárea es obvio que con los riegos más elevados se consigue mayor cantidad de biomasa, lo que se garantiza la materia prima necesaria para la extracción del aceite esencial. Teniendo esto en cuenta, el aporte hídrico más adecuado para asegurar un buen rendimiento en aceite debería ser, al menos, el correspondiente al 60% de la ETo. No obstante, aplicar tratamientos hídricos más bajos puede compensar la menor producción de fitomasa con el mayor contenido en aceite que muestran las plantas a las que se suministra un escaso nivel de agua.

III. 3. 4. EFECTO DEL RIEGO SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL CULTIVO.

En este apartado analizaremos en detalle el efecto de las distintas recolecciones sobre los parámetros analizados previamente. Con el fin de obtener una imagen clara de tales efectos, se representan gráficamente los datos que aparecen en las Tablas III.3–2 a III.3–5, y las Figuras III.3–2 a III.3–4. Con ello es posible apreciar la repercusión que puede tener sobre esta especie seleccionada el hecho de aplicar un tratamiento de riego u otro durante un tiempo prolongado, para corroborar la elección del aporte hídrico más adecuado.

Esta información debe interpretarse teniendo en cuenta el conjunto de factores implicados en los resultados obtenidos, ya que las condiciones climáticas también afectan al desarrollo de estas plantas, y tales condiciones pueden variar, a veces de forma marcada, entre los tres años que comprende el ensayo.

Por otra parte, y ya que las producciones de 2003 y 2004 superan ampliamente a las de 2002 consideradas por separado, se ha estimado oportuno sumar las producciones por hectárea de invierno y primavera del primer año de ensayo, y presentar el total de la producción anual a efectos comparativos.

Por lo que se refiere al rendimiento en aceite esencial de las plantas individuales, de las dos cosechas de 2002 se considera la de primavera en lugar de la de invierno, con el fin de que la comparación entre los tres años se realice contemplando unas condiciones climáticas semejantes.

Con estos datos se realiza la Figura III.3–5, en la cual se refleja la evolución de la producción en función del nivel de agua recibido por las plantas.

En las gráficas correspondientes al producto desecado (Figuras III.3–5a y b), se puede apreciar que los promedios de producción de 2004 son más bajos que los de 2002 y 2003. Esto puede ser debido a que, en

general, los porcentajes, tanto de materia como de hoja secas experimentan un descenso más o menos acusado con todos los suplementos hídricos a medida que transcurren las recolecciones, a lo que se debe sumar el aumento progresivo en las marras contabilizadas.

Por lo que se refiere a la materia seca (Figura III.3–5a), analizando estadísticamente los resultados proporcionados por cada tratamiento, la prueba ANOVA determina que el riego necesario para compensar el 60% de la ETo es el único que permite alcanzar resultados similares en los tres años.

Con el 80% de la ETo, la producción de material desecado es significativamente inferior en 2004 respecto a 2002 y 2003, lo que está relacionado, como se menciona previamente, con el descenso en el número de plantas viables que se aprecia en el último año de ensayo, especialmente marcado con el tratamiento correspondiente al 80% de la ETo. En el caso del 60%, si bien se presenta también una mortalidad más acusada que en 2002 y 2003, parece que tal suministro hídrico beneficia el desarrollo de las plantas supervivientes, que pueden alcanzar un mayor tamaño y compensar su menor número respecto a los dos años anteriores.

Aplicando el nivel de riego correspondiente al 40% ETo, las diferencias se hallan entre 2003 y 2004, con un rendimiento significativamente mejor en el primero. Finalmente, con el aporte de agua más bajo, la heterogeneidad se detecta entre el primer y el último año de ensayo, lográndose una producción anual significativamente superior en 2002.

Al estudiar la evolución de los kilos de hoja seca obtenidos por unidad de superficie (Figura III.3–5b), se comprueba que las diferencias se presentan con todos los suplementos hídricos aplicados.

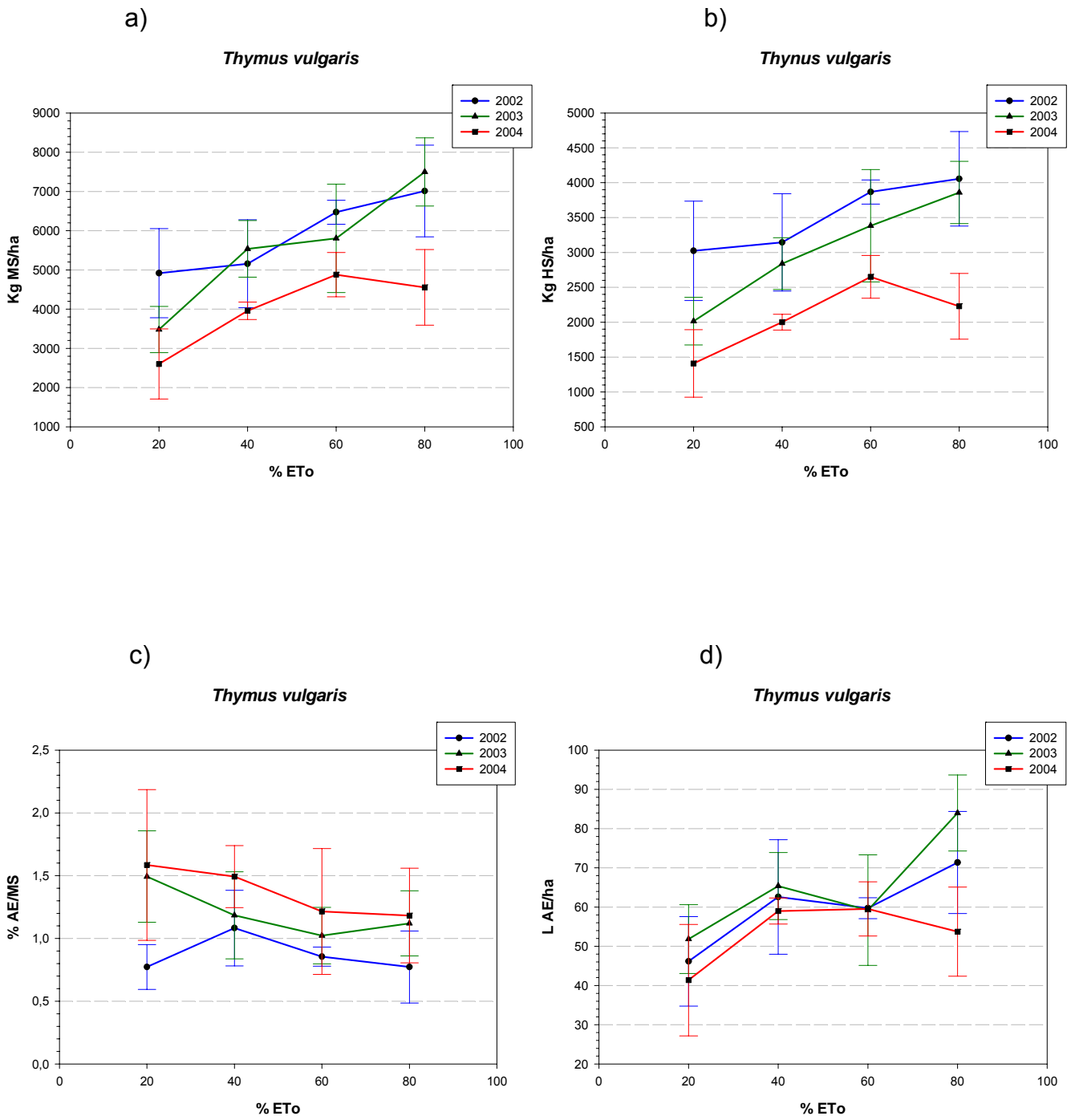


Fig. III.3-5. Evolución de la producción de materias primas durante los tres años de ensayo.

Con el 80 y el 40% de la ETo, la productividad de hoja en 2004 desciende significativamente respecto a los dos años anteriores. Si el riego se reduce al 20%, el rendimiento alcanzado en 2002 supera significativamente tanto al de 2004 como al de 2003. Por su parte, el tratamiento correspondiente al 60% ETo proporciona los dos últimos años del estudio resultados equiparables, aunque la producción de 2002 continúa siendo significativamente superior a la de 2004.

También es interesante analizar el efecto de las repetidas siegas sobre la producción de aceite esencial, a pesar de que esta sustancia no es la materia prima más revelante de las obtenidas de este cultivar.

En la Figura III.3–5c se puede observar la respuesta de las plantas en cuanto a su contenido en aceite esencial a medida que se suceden las recolecciones.

Si bien los promedios alcanzados con todos los tratamientos tienden a aumentar de un año a otro, la prueba ANOVA sólo detecta diferencias entre las tres cosechas en el caso del menor aporte hídrico, con el que el rendimiento alcanzado en la primavera de 2002 es significativamente inferior a los de 2003 y 2004, que presentan resultados similares. Con el resto de niveles de riego, los porcentajes de aceite esencial determinados en los tres años de estudio son equiparables. Es conveniente recordar que los rendimientos de 2002 recogidos en esta figura corresponden a la segunda recolección anual obtenida en dicho año, por lo que los valores alcanzados pueden estar condicionados por este hecho.

Respecto a los litros por hectárea (Figura III.3–5d), la producción que se consigue aplicando el tratamiento correspondiente al 60% de la ETo es prácticamente idéntica en los tres años. De hecho, las diferencias entre recolecciones aparecen sólo cuando se suministra a la plantación el nivel de agua más elevado, con el cual los resultados de 2003 superan significativamente a los de 2004, en tanto que la producción de 2002 no difiere de las de los dos años siguientes.

Estas plantas están seleccionadas en base a su riqueza foliar y, tal como ha quedado de manifiesto, la hoja seca representa la única materia prima que aportando el agua necesaria para compensar el 60% de la ETo no consigue una producción homogénea los tres años de ensayo. Aún así, este nivel de riego parece ser el más adecuado para optimizar la productividad de estos tomillos, al acreditar los datos del presente ensayo que este cultivar de *Th. vulgaris* necesita más humedad para desarrollarse que las dos especies comentadas anteriormente, resultando contraproducente elevar el aporte de agua hasta el 80% de la ETo, habida cuenta del incremento advertido en la mortalidad de las plantas.

Por otra parte, se podría revisar el marco de plantación propuesto inicialmente en este estudio (140 plantas por subparcela), dado que no existen diferencias en cuanto a producción en fresco entre los tres años de ensayo cuando se aplica el tratamiento de riego correspondiente al 60% de la ETo. De esta forma, cabe suponer que el número de individuos contabilizados en 2004 con dicho aporte hídrico es adecuado para garantizar un óptimo rendimiento en masa vegetal. Tal número se sitúa aproximadamente entre 105–125 plantas, lo que supondría una densidad media de 73.500 plantas/ha.

III. 3. 5. PERFIL CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL.

A pesar del escaso rendimiento en aceite esencial de este cultivar, la composición química de esta sustancia es siempre un factor de gran importancia, que justifica las numerosas publicaciones en las que se analiza este aspecto.

Th. vulgaris es una especie que muestra un gran polimorfismo químico. Granger y Passet (1973) describen 6 quimiotipos analizando plantas que crecen espontáneas en el sur de Francia: geraniol, linalol, α -

terpineol, carvacrol, timol y el mixto *trans*-hidrato de sabineno/terpinen-4-ol.

Delpit *et al.* (2002) se centran en plantas ricas en hidrato de sabineno procedentes de Francia, que presentan la máxima cantidad de (*E*)-hidrato de sabineno en la recolección de primavera del segundo año de cultivo (39,4–54,8%), en tanto que la forma *cis* del alcohol, menos abundante, alcanza sus porcentajes más altos en los tomillos recolectados en otoño del primer año (7,1–11,8%).

El quimiotipo fenólico es el más habitual en esta especie (Stahl-Biskup, 1991), presentando la mayor parte de estos individuos el timol como componente mayoritario, en tanto que en un porcentaje inferior de la población domina el carvacrol. En este sentido, Morgan (1989), en un trabajo sobre *Th. vulgaris* realizado en Nueva Zelanda, comprueba que el quimiotipo timol es el más frecuente en la zona de estudio, ya que aparece en 53 de los tomillos analizados, con una cantidad relativa para este fenol que se sitúa en $49,7 \pm 9,7\%$. El carvacrol es el constituyente más abundante en 11 de las muestras recolectadas, con una concentración de $48,8 \pm 8,9\%$.

Por su parte, las poblaciones españolas de tomillo común se caracterizan por la presencia abundante de 1,8-cineol en su aceite esencial (García Vallejo *et al.*, 1989). En un trabajo realizado por Guillén y Manzanos (1998), en el que se estudian por separado hojas, flores y tallos de tomillo común español procedente de Zaragoza, se especifica un quimiotipo 1,8-cineol/linalol para estas plantas, revelándose un contenido en hojas y flores para ambos componentes muy superior al encontrado en los tallos:

	Contenido (mg/Kg)		
	Hojas	Flores	Tallos
1,8-Cineol	947	254	13,9
Linalol	441	525	1,8

Jordán *et al.* (2006) analizan la variación estacional en la composición química de nuestro tomillo autóctono, detectando la mayor concentración relativa del éter ($36,4 \pm 1,00\%$) cuando las plantas se encuentran en estado de vegetación.

Por lo que respecta a la presente Memoria, al utilizar un cultivar comercial de Provenza, en todas las plantas se ha determinado un quimiotipo timol simple, pudiendo alcanzarse en algunos individuos concentraciones relativas por encima del 57% para este fenol.

Mirceno, (*E*)-cariofileno, linalol, borneol, terpinen-4-ol, éter metílico de carvacrol, carvacrol y óxido de cariofileno, además de *p*-cimeno y γ -terpineno, son otros componentes que también destacan por su presencia en estos aceites.

En este capítulo dedicado a *Th. vulgaris*, los resultados se van a exponer sin establecer diferencias entre los tres años de ensayo ya que, al tratarse de un cultivar seleccionado, es de esperar que las plantas presenten una composición química relativamente homogénea. Dado que no se juzga necesario llevar a cabo un estudio de variabilidad, tampoco se ha considerado preciso elevar en 2004 el número de muestras recolectadas respecto a 2002 y 2003, tal como se ha hecho con las dos especies anteriores. Sin embargo, es necesario precisar que la influencia de la variabilidad intraespecífica también es notable en algunos de los componentes descritos en este cultivar.

Por otra parte, se ha decidido no incluir los resultados de la recolección de invierno del primer año de estudio, dado que el aceite esencial muestra un menor contenido fenólico, y por lo tanto, menor calidad, en relación a la recolección de primavera, que manifiesta valores más acordes con los aceites obtenidos en 2003 y 2004. Esto está en consonancia con lo publicado por Baranauskienė *et al.* (2003), los cuales refieren dos cosechas en plantas de *Th. vulgaris* en el mismo año, encontrando condiciones climatológicas más favorables cuando se lleva a cabo la segunda de ellas. El aceite esencial obtenido por estos autores en la segunda recolección presente un contenido sensiblemente mayor de timol que el detectado en la primera.

III. 3. 5. 1. Efecto del riego sobre la composición química del aceite esencial.

En *Th. vulgaris* se han identificado 104 componentes volátiles, los cuales representan aproximadamente el 97,4% del total de picos cromatográficos. Con tales componentes se confeccionan las tablas correspondientes a las recolecciones de 2002 y 2003, en las que podemos encontrar 30 hidrocarburos terpénicos, 24 alcoholes, 14 aldehídos, 13 cetonas, 12 ésteres, siete fenoles, tres epóxidos y un éter.

Entre estos componentes, se observa la presencia de 22 no descritos anteriormente en esta labiada:

- *Hidrocarburo terpénico*: verbeneno.
- *Alcoholes*: butanol, 1-penten-3-ol, 3-penten-2-ol.
- *Aldehídos*: (*E*)-2-butenal, pentanal, furfural, heptanal, benzaldehído, nonanal, decanal, perialdehído.
- *Cetonas*: 3-hexanona, 3-heptanona, verbenona, carvona, (*Z*)-jasmona.

- *Ésteres*: butirato de etilo, acetato de bencilo, caprilato de etilo, caprilato de butilo.
- *Fenol*: metil eugenol.

Determinados constituyentes de este grupo aparecen definidos en el aceite esencial de otras especies del género *Thymus* (Nijssen *et al.*, 1996).

En la tabla que refleja los resultados de la cosecha de 2004 se exponen sólo aquellos componentes cuya concentración iguala o supera el 0,1%, ya que este mismo criterio se ha seguido en las dos especies anteriores. Estos porcentajes se detectan en 41 de los volátiles que integran estos aceites, que constituyen el 96,5% del total.

En general, todos los componentes manifiestan ciertas oscilaciones en sus porcentajes, como se puede apreciar en la desviación estándar que acompaña al promedio obtenido en cada caso.

III. 3. 5. 1. 1. Primavera 2002.

Los análisis cromatográficos efectuados a las muestras de aceite esencial obtenidas en la primavera de 2002 se reflejan en la Tabla III.3–6.

Tras realizar la prueba ANOVA a estos datos, únicamente se aprecian diferencias significativas entre tratamientos en cinco componentes, número notablemente inferior al encontrado en *Th. hyemalis* y *Th. zygis* en el primer año de ensayo. Esto refleja la capacidad de adaptación de estas plantas, diseñadas para su crecimiento en cultivo.

El p-cimeno es el único hidrocarburo terpénico que manifiesta diferencias en su concentración en función del riego, alcanzando con el 80% de la ETo un porcentaje significativamente superior a los otros tres tratamientos, que proporcionan resultados homogéneos. La síntesis del

resto de los componentes de este grupo químico no se ve afectada por el aporte de agua que reciben las plantas, transcurrido cerca de un año desde que comenzara a aplicarse el riego diferenciado.

Varios terpenos, entre los que se encuentran γ -terpineno o mirceno, con cantidades relativas importantes, muestran sus mejores promedios con aportes hídricos bajos; en tanto que un menor número de estos componentes, como (*E*)-cariofileno, presentan su media más elevada cuando se aplica el riego correspondiente al 80% de la ETo. En cualquier caso, esto son únicamente consideraciones realizadas en base a tendencias, ya que en realidad no existen diferencias con significación estadística entre tratamientos.

En ninguno de los alcoholes descritos en esta planta se detecta una concentración condicionada por el riego en la primavera de 2002. Los más abundantes entre estos constituyentes son 1-octen-3-ol, (*E*)-hidrato de sabineno, linalol, borneol y terpinen-4-ol. Los porcentajes medios más altos de todos ellos se logran con aportes hídricos elevados (80 ó 60% ETo), aunque las diferencias con el resto de tratamientos no son importantes. La marcada desviación estándar que se puede observar en algunos casos, especialmente en el borneol, denota que la variabilidad intraespecífica advertida habitualmente en el género *Thymus* afecta también a este cultivar.

En cuanto a los aldehídos, podemos apreciar diferencias en base al suplemento hídrico en el decanal, que se detecta sólo en trazas si se riega con el nivel de agua correspondiente al 80% de la ETo, resultado significativamente inferior al determinado con el resto de tratamientos.

Entre las cetonas, la más abundante es el alcanfor, cuyo mejor promedio corresponde al 40% de la ETo, aunque con una elevada desviación estándar. No hay en este grupo una respuesta dependiente de los distintos suplementos hídricos en ningún caso.

Tabla III.3–6. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. vulgaris*, en función del aporte hídrico (Primavera 2002).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos Terpénicos					
Triciclono*	931	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
α-Tujeno*	940	0,48 ± 0,17	0,70 ± 0,16	0,74 ± 0,26	0,55 ± 0,29
α-Pineno	949	0,44 ± 0,12	0,63 ± 0,16	0,73 ± 0,22	0,55 ± 0,20
Canfeno	969	0,39 ± 0,17	0,39 ± 0,16	0,54 ± 0,30	0,38 ± 0,14
Verbeneno*	976	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Sabineno	1001	0,01 ± 0,00	tr	0,01 ± 0,00	tr
β-Pineno	1007	0,18 ± 0,03	0,22 ± 0,03	0,24 ± 0,04	0,21 ± 0,06
Mirceno	1026	1,04 ± 0,26	0,98 ± 0,15	1,04 ± 0,18	1,08 ± 0,35
α-Felandreno	1042	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,03
Δ ₃ -Careno	1048	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,02
α-Terpineno	1058	0,54 ± 0,17	0,51 ± 0,30	0,60 ± 0,12	0,55 ± 0,24
p-Cimeno	1068	31,77 ± 0,50 ^a	25,04 ± 3,42 ^b	26,95 ± 3,54 ^b	24,70 ± 2,39 ^b
Limoneno	1073	0,55 ± 0,04	0,52 ± 0,03	0,55 ± 0,02	0,53 ± 0,05
(Z)-β-Ocimeno	1086	tr	tr	tr	tr
(E)-β-Ocimeno*	1097	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01
γ-Terpineno	1109	1,27 ± 0,47	1,67 ± 1,19	1,78 ± 0,66	2,13 ± 1,99
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	1141	0,15 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,15 ± 0,03	0,14 ± 0,02
α-Copaeno	1378	0,15 ± 0,09	0,07 ± 0,01	0,12 ± 0,07	0,13 ± 0,06
(E)-Cariofileno	1419	2,76 ± 0,63	2,20 ± 0,28	1,92 ± 0,43	2,33 ± 0,61
Calereno	1432	tr	tr	tr	tr
Aromadendreno	1440	tr	tr	tr	tr
α-Humuleno	1457	0,14 ± 0,04	0,10 ± 0,02	0,12 ± 0,03	0,11 ± 0,02
Aloaromadendreno	1465	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Elemeno*	1481	0,24 ± 0,17	0,14 ± 0,03	0,11 ± 0,02	0,15 ± 0,05
β-Selineno*	1485	0,13 ± 0,05	0,12 ± 0,03	0,20 ± 0,11	0,21 ± 0,05
Valenceno	1510	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,01
α-Muuroleno*	1516	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,02
γ-Cadineno*	1537	0,21 ± 0,05	0,18 ± 0,04	0,24 ± 0,11	0,26 ± 0,09
δ-Cadineno	1553	0,32 ± 0,03	0,27 ± 0,05	0,35 ± 0,12	0,39 ± 0,09
Alcoholes					
Butanol	742	tr	tr	tr	tr
1-Penten-3-ol	747	tr	tr	tr	tr
3-Metil-3-buten-1-ol	766	tr	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01
3-Penten-2-ol*	784	tr	tr	tr	tr
(Z)-3-Hexen-1-ol	852	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,01
Hexanol + m-Xileno	867	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
1-Octen-3-ol	1009	0,69 ± 0,28	0,79 ± 0,15	0,61 ± 0,27	0,53 ± 0,08
3-Octanol	1031	0,11 ± 0,06	0,07 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,03
(E)-Hidrato de sabineno	1116	0,35 ± 0,39	0,59 ± 0,16	0,48 ± 0,38	0,45 ± 0,14
(Z)-Hidrato de sabineno*	1151	0,17 ± 0,09	0,21 ± 0,01	0,19 ± 0,05	0,19 ± 0,03
Linalol	1152	2,60 ± 0,53	2,33 ± 0,87	2,51 ± 0,35	2,54 ± 0,47
(E)-Pinocarveol	1186	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
(Z)-Verbenol	1189	0,06 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,01
(E)-Verbenol*	1197	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01

Tabla III.3-6 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Alcoholes (continuación)					
Isoborneol	1203	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Borneol	1211	1,49 ± 1,08	0,91 ± 0,61	0,92 ± 0,59	1,24 ± 0,88
Terpinen-4-ol	1220	1,14 ± 0,50	0,96 ± 0,15	1,09 ± 0,37	1,04 ± 0,17
p-Cimen-8-ol	1227	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,11 ± 0,03
α-Terpineol	1231	0,20 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,28 ± 0,07	0,30 ± 0,06
Carveol	1252	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Nerol + Citronelol	1260	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01
Geraniol + Acetato de linalilo	1281	0,21 ± 0,13	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,06	0,18 ± 0,09
Espatuleno	1640	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Aldehídos					
(<i>E</i>)-2-butenal*	735	tr	tr	tr	tr
Pentanal	754	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 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Heptanal	904	tr	tr	tr	tr
Benzaldehído	987	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Nonanal	1157	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Mirtenal + Dihidrocarvona	1235	0,13 ± 0,06	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,02
Decanal	1243	tr ^a	0,02 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,00 ^b
Cuminaldehído	1268	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Neral + Carvona	1270	tr	tr	tr	tr
Geranial + Perialdehído	1292	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,04	0,05 ± 0,02
Cetonas					
3-Hexanona	795	tr	tr	tr	tr
3-Heptanona*	888	tr	tr	tr	tr
3-Octanona	1019	0,06 ± 0,06	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,11 ± 0,10
β-Tujona	1158	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,03	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Alcanfor	1193	0,36 ± 0,21	0,39 ± 0,06	0,69 ± 0,39	0,25 ± 0,15
Pinocarvona*	1208	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Verbenona	1245	0,03 ± 0,03	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Timoquinona	1276	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,00
(<i>Z</i>)-Jasmona	1399	0,13 ± 0,14	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,03
α-Ionona	1428	0,07 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,09 ± 0,02
β-Ionona	1497	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Ésteres					
Acetato de etilo	732	tr	tr	tr	tr
2-Metilbutirato de metilo*	791	0,10 ± 0,09	0,12 ± 0,05	0,13 ± 0,05	0,11 ± 0,05
Acetato de bencilo	1214	0,13 ± 0,05	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,12 ± 0,02
Caprilato de etilo	1239	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Acetato de bornilo	1302	0,39 ± 0,12 ^a	0,22 ± 0,02 ^b	0,26 ± 0,04 ^b	0,29 ± 0,06 ^{ab}
Acetato de terpenilo	1353	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Acetato de timilo*	1356	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01
Acetato de nerilo	1366	tr	tr	tr	tr

Tabla III.3-6 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Ésteres (continuación)					
Acetato de geranilo	1385	0,11 ± 0,05	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,14 ± 0,04
Caprilato de butilo	1388	0,05 ± 0,03	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,02
Fenoles					
Éter metílico de timol	1265	0,08 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,08 ± 0,01
Éter metílico de carvacrol	1272	1,14 ± 1,08	0,86 ± 0,48	1,46 ± 0,92	0,89 ± 0,19
Timol	1308	39,42 ± 3,25 ^a	44,82 ± 4,38 ^{ab}	49,24 ± 4,21 ^b	47,11 ± 3,56 ^b
Carvacrol	1314	2,77 ± 0,43	2,89 ± 0,22	2,50 ± 0,44	2,89 ± 0,18
Eugenol	1358	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,03
Metil eugenol	1408	0,14 ± 0,21	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,11 ± 0,04
(<i>E</i>)-Isoeugenol	1453	tr	tr	tr	tr
Epóxidos					
(<i>Z</i>)-Óxido de linalol	1123	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Óxido de cariofileno	1650	1,58 ± 0,53 ^a	1,26 ± 0,21 ^{ab}	0,91 ± 0,10 ^b	1,13 ± 0,12 ^b
Éter					
1,8-Cineol	1076	0,48 ± 0,09	0,64 ± 0,11	0,84 ± 0,59	0,94 ± 0,47

^{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%).

El acetato de bornilo, uno de los ésteres más destacados en el aceite esencial de esta labiada, es otro de los componentes para los que los análisis estadísticos efectuados detectan diferencias en base al riego. En dicho éster, el resultado obtenido con el 80% de la ETo es significativamente superior a los alcanzados con el 60 y 40%, aunque no difiere del porcentaje determinado para el 20%. El resto de los integrantes de esta categoría química presentan concentraciones homogéneas con todos los tratamientos.

Respecto al contenido fenólico, es importante destacar el comportamiento del timol, dado que se trata del constituyente más valorado en estas labiadas. En la recolección que nos ocupa, este fenol disminuye significativamente su presencia en el aceite esencial cuando las

plantas reciben el mayor aporte hídrico, obteniéndose con el 60, 40 y 20% de la ETo porcentajes semejantes. La proporción relativa de timol oscila entre $39,4 \pm 3,25\%$ (correspondiente al 80% ETo) y $49,2 \pm 4,21$ (alcanzada con el 40% ETo). Letchamo y Gosselin (1995) ensayan en Canadá tres niveles diferentes de riego (90, 70 y 50% de contenido en agua del sustrato), encontrando la mayor concentración de timol (85,5%) en las plantas que crecen con el nivel intermedio de humedad, y bajo un régimen de luz natural suplementada con luz artificial. Por su parte, Baranauskienė *et al.* (2003), trabajando con *Th. vulgaris* en Lituania, refieren porcentajes de timol que alcanzan el 58,1%, resultado que, como en nuestro caso, corresponde a la segunda recolección del segundo año de cultivo.

Por lo que se refiere a los epóxidos, el más abundante es el óxido de cariofileno, cuyo porcentaje se eleva significativamente con el aporte hídrico correspondiente al 80% de la ETo, aunque tal porcentaje no es diferente del alcanzado con el 60%.

Finalmente, la cantidad de 1,8-cineol es equivalente con todos los tratamientos de riego, obteniéndose el mejor promedio con el correspondiente al 20% de la ETo.

Como se puede deducir de estos resultados, la calidad de estos aceites, determinada por su contenido en timol, no se ve afectada con aportes bajos de agua, resultando incluso perjudicial un suplemento hídrico muy elevado.

III. 3. 5. 1. 2. Primavera 2003.

La Tabla III.3–7 refleja las concentraciones relativas determinadas para los constituyentes del aceite esencial extraído a las plantas recolectadas el tercer año de cultivo.

En esta recolección, los análisis estadísticos detectan diferencias significativas en base al aporte hídrico suministrado en cuatro componentes, los cuales no coinciden en ningún caso con aquellos que manifestaban tales diferencias en 2002.

En 2003 no hay respuesta condicionada por el riego entre los terpenos. El p-cimeno, en esta cosecha, presenta su mejor promedio con el nivel de agua más elevado, al igual que en 2002, pero las diferencias con el resto de tratamientos ya no son tan notables. A pesar de tratarse de plantas seleccionadas, algunos componentes, como γ -terpineno, muestran una elevada desviación estándar, lo cual complica la interpretación del efecto real de los distintos niveles de riego.

En cuanto a los alcoholes, que en 2002 no presentaban diferencias en sus concentraciones al comparar los distintos tratamientos, se detectan en 2003 dos casos en los que sí se manifiestan esas diferencias. Se trata del 3-octanol, cuyos porcentajes mejoran significativamente si la plantación recibe los suplementos hídricos correspondientes al 80 y 60% de la ETo; y el (*E*)-verbenol, que se detecta sólo en trazas cuando el riego aplicado es el más bajo de los ensayados, siendo este valor significativamente inferior al que se logra con el 60 y 40% de la ETo.

Entre los aldehídos, sin embargo, no se aprecian diferencias significativas entre tratamientos en esta recolección. El decanal incrementa su presencia en el aceite respecto a 2002 con el 80% de la ETo, pasando de trazas a un promedio de 0,02%, por lo que las diferencias detectadas en el primer año de ensayo quedan compensadas.

Lo mismo ocurre con las cetonas, que presentan unos resultados bastante similares a los de 2002. El alcanfor eleva sus promedios respecto al año anterior con todos los suplementos hídricos, salvo el correspondiente al 80% de la ETo, pero mantiene una marcada desviación estándar.

Tabla III.3–7. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. vulgaris*, en función del aporte hídrico (Primavera 2003).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos Terpénicos					
Triciclono*	931	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01
α-Tujeno*	940	0,90 ± 0,18	0,79 ± 0,23	0,83 ± 0,07	0,85 ± 0,42
α-Pineno	949	0,74 ± 0,15	0,70 ± 0,16	0,80 ± 0,13	0,71 ± 0,18
Canfeno	969	0,47 ± 0,17	0,59 ± 0,24	0,78 ± 0,28	0,61 ± 0,24
Verbeneno*	976	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Sabineno	1001	tr	tr	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
β-Pineno	1007	0,25 ± 0,03	0,23 ± 0,05	0,25 ± 0,04	0,24 ± 0,05
Mirceno	1026	1,42 ± 0,19	1,24 ± 0,36	1,40 ± 0,13	1,49 ± 0,38
α-Felandreno	1042	0,10 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,05
Δ ₃ -Careno	1048	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,00	0,09 ± 0,02
α-Terpineno	1058	0,90 ± 0,27	0,57 ± 0,26	0,74 ± 0,11	0,95 ± 0,39
p-Cimeno	1068	25,59 ± 3,75	23,70 ± 3,52	21,77 ± 3,07	20,83 ± 4,02
Limoneno	1073	0,54 ± 0,02	0,51 ± 0,06	0,52 ± 0,05	0,53 ± 0,03
(Z)-β-Ocimeno	1086	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,03	0,01 ± 0,00
(E)-β-Ocimeno*	1097	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01
γ-Terpineno	1109	4,97 ± 2,78	1,95 ± 1,27	3,64 ± 1,08	6,83 ± 3,82
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	1141	0,15 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,04
α-Copaeno	1378	0,10 ± 0,05	0,08 ± 0,01	0,12 ± 0,06	0,13 ± 0,06
(E)-Cariofileno	1419	2,15 ± 0,75	1,82 ± 0,30	1,91 ± 0,78	2,27 ± 0,22
Calereno	1432	tr	tr	tr	tr
Aromadendreno	1440	tr	tr	tr	tr
α-Humuleno	1457	0,11 ± 0,04	0,08 ± 0,01	0,11 ± 0,05	0,12 ± 0,03
Aloaromadendreno	1465	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,02
Elemeno*	1481	0,10 ± 0,04	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,19 ± 0,07
β-Selineno*	1485	0,13 ± 0,08	0,17 ± 0,07	0,14 ± 0,05	0,16 ± 0,04
Valenceno	1510	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,02
α-Muuroleno*	1516	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,01
γ-Cadineno*	1537	0,22 ± 0,10	0,16 ± 0,03	0,23 ± 0,12	0,22 ± 0,10
δ-Cadineno	1553	0,25 ± 0,06	0,24 ± 0,02	0,27 ± 0,08	0,28 ± 0,05
Alcoholes					
Butanol	742	tr	tr	tr	tr
1-Penten-3-ol	747	tr	tr	tr	tr
3-Metil-3-buten-1-ol	766	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
3-Penten-2-ol*	784	tr	tr	tr	tr
(Z)-3-Hexen-1-ol	852	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Hexanol + m-Xileno	867	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
1-Octen-3-ol	1009	0,85 ± 0,32	1,05 ± 0,40	0,63 ± 0,31	0,45 ± 0,05
3-Octanol	1031	0,08 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,05 ± 0,02 ^b	0,04 ± 0,02 ^b
(E)-Hidrato de sabineno	1116	0,84 ± 0,20	0,73 ± 0,04	0,82 ± 0,11	0,97 ± 0,28
(Z)-Hidrato de sabineno*	1151	0,17 ± 0,04	0,17 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,17 ± 0,04
Linalol	1152	2,54 ± 0,37	2,53 ± 1,29	2,13 ± 0,21	2,21 ± 0,50
(E)-Pinocarveol	1186	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00
(Z)-Verbenol	1189	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02
(E)-Verbenol*	1197	0,02 ± 0,01 ^{ab}	0,03 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	tr ^b

Tabla III.3-7 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Alcoholes (continuación)					
Isoborneol	1203	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Borneol	1211	1,06 ± 0,62	1,16 ± 0,69	1,41 ± 0,97	1,87 ± 1,95
Terpinen-4-ol	1220	0,64 ± 0,15	0,79 ± 0,17	0,61 ± 0,05	0,54 ± 0,15
p-Cimen-8-ol	1227	0,13 ± 0,03	0,17 ± 0,06	0,13 ± 0,03	0,09 ± 0,06
α-Terpineol	1231	0,26 ± 0,07	0,22 ± 0,04	0,24 ± 0,05	0,23 ± 0,07
Carveol	1252	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Nerol + Citronelol	1260	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Geraniol + Acetato de linalilo	1281	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,05	0,14 ± 0,05	0,15 ± 0,07
Espatulanol	1640	0,04 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,02
Aldehídos					
(E)-2-butenal*	735	tr	tr	tr	tr
Pentanal	754	tr	tr	tr	tr
Hexanal + Butirato de etilo	802	tr	tr	tr	tr
Furfural	832	tr	tr	tr	tr
(E)-2-Hexenal	849	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Heptanal	904	tr	tr	tr	tr
Benzaldehído	987	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	tr
Nonanal	1157	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Mirtenal + Dihidrocarvona	1235	0,11 ± 0,03	0,13 ± 0,05	0,12 ± 0,01	0,07 ± 0,06
Decanal	1243	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Cuminaldehído	1268	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,00
Neral + Carvona	1270	tr	tr	tr	tr
Geranial + Perialdehído	1292	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
Cetonas					
3-Hexanona	795	tr	tr	tr	tr
3-Heptanona*	888	tr	tr	tr	tr
3-Octanona	1019	0,06 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,04
β-Tujona	1158	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Alcanfor	1193	0,23 ± 0,23	0,68 ± 0,56	0,86 ± 0,69	0,34 ± 0,28
Pinocarvona*	1208	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Verbenona	1245	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Timoquinona	1276	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02
(Z)-Jasmona	1399	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01
α-Ionona	1428	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,02
β-Ionona	1497	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Ésteres					
Acetato de etilo	732	tr	tr	tr	tr
2-Metilbutirato de metilo*	791	0,20 ± 0,10	0,17 ± 0,06	0,13 ± 0,01	0,11 ± 0,08
Acetato de bencilo	1214	0,13 ± 0,02 ^a	0,11 ± 0,01 ^{ab}	0,09 ± 0,03 ^b	0,13 ± 0,01 ^a
Caprilato de etilo	1239	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Acetato de bornilo	1302	0,27 ± 0,10	0,28 ± 0,05	0,26 ± 0,05	0,28 ± 0,05
Acetato de terpenilo	1353	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Acetato de timilo*	1356	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,03
Acetato de nerilo	1366	tr	tr	tr	tr

Tabla III.3-7 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Ésteres (continuación)					
Acetato de geranilo	1385	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,03
Caprilato de butilo	1388	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01
Fenoles					
Éter metílico de timol	1265	0,06 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,02 ^b	0,07 ± 0,02 ^a
Éter metílico de carvacrol	1272	0,82 ± 0,70	1,28 ± 0,43	1,41 ± 0,61	0,84 ± 0,44
Timol	1308	44,24 ± 5,09	49,03 ± 2,84	49,20 ± 5,38	46,74 ± 2,93
Carvacrol	1314	2,57 ± 0,34	2,84 ± 0,40	2,36 ± 0,38	2,58 ± 0,48
Eugenol	1358	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Metil eugenol	1408	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	tr
(<i>E</i>)-Isoeugenol	1453	tr	tr	0,02 ± 0,02	tr
Epóxidos					
(<i>Z</i>)-Óxido de linalol	1123	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Óxido de cariofileno	1650	0,98 ± 0,42	1,24 ± 0,47	0,81 ± 0,14	0,93 ± 0,37
Éter					
1,8-Cineol	1076	0,91 ± 0,55	0,40 ± 0,42	0,74 ± 0,46	0,81 ± 0,51

^{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%).

Otro de estos compuestos, la (*Z*)-jasmona, experimenta una evolución contraria, disminuyendo sus porcentajes medios en la recolección de 2003 con todos los niveles de agua.

Con relación a los ésteres, en esta cosecha se ve afectada por el riego la síntesis de acetato de bencilo, resultando el 40% de la ETo el tratamiento significativamente menos favorable. Como se puede observar, los resultados que se derivan de la aplicación de los suplementos hídricos extremos (80 y 20% ETo) son muy similares. Por su parte, el acetato de bornilo no modifica sus porcentajes en base al riego, como sucede en 2002. Dicho éster presenta unas cantidades relativas bastante uniformes en la primavera de 2003.

Algo parecido ocurre con el timol, cuyas proporciones oscilan entre la obtenida con el 80% de la ETo ($44,2 \pm 5,09\%$), y la correspondiente al 40% ($49,2 \pm 5,38\%$). Como se puede apreciar, tales cantidades no difieren excesivamente, lo que indica que se ha atenuado el efecto del riego que provocaba las diferencias observadas en 2002 con este fenol. Sin embargo, tales diferencias se observan en 2003 con el éter metílico de timol, que mejora significativamente su concentración con el 40% de la ETo, obteniéndose valores equiparables con los otros tres tratamientos hídricos.

Respecto a los epóxidos, no hay respuesta dependiente del riego en 2003, como tampoco la hay con el 1,8-cineol, que muestra también una considerable desviación estándar.

En este segundo año de ensayo, por lo observado con el timol, es indiferente regar con más o menos agua para garantizar la calidad del aceite esencial.

III. 3. 5. 1. 3. Primavera 2004.

Con *Th. vulgaris*, como se ha venido mencionando, en 2004 se analiza el mismo número de plantas que en los dos años anteriores (48 en total, 12 por tratamiento). En el caso de este cultivar, la finalidad de la recolección de 2004 es realizar un seguimiento de la respuesta de las plantas ante un nuevo ciclo de desarrollo.

En la Tabla III.3–8 se presentan los resultados de esos análisis para los 41 componentes incluidos en la misma.

Son 18 los hidrocarburos terpénicos cuya concentración supera o iguala el 0,1%, de los cuales sólo uno, el elemeno, presenta diferencias en función del riego en el último año de ensayo. Este componente alcanza

con el tratamiento correspondiente al 20% de la ETo un porcentaje significativamente superior a los conseguidos con el 80, 60 y 40%, iguales entre sí. Sus cantidades relativas, en general, se reducen respecto a las de 2002 y 2003.

Dentro de este grupo químico destacan por su presencia en el aceite esencial analizado en 2004 componentes como α -tujeno, mirceno, α -terpineno, p-cimeno, γ -terpineno y (*E*)-cariofileno. El contenido en p-cimeno disminuye de un año a otro con todos los tratamientos, en tanto que con γ -terpineno, su precursor en la ruta que conduce a la síntesis de timol y carvacrol, ocurre lo contrario.

En los tres años de ensayo, la producción de terpenos no se ha visto afectada en exceso por el riego, ya que tan solo uno de estos componentes muestra una respuesta condicionada por el mismo en 2002 (p-cimeno), en tanto que ninguno de ellos presenta tal respuesta en 2003.

Sólo en un alcohol, el (*E*)-hidrato de sabineno, la prueba ANOVA determina la existencia de diferencias entre tratamientos en 2004 y, tras aplicar el test de Fisher, comprobamos que regar con el menor suplemento hídrico eleva significativamente el porcentaje alcanzado respecto al 60 y 40% de la ETo. Dicho componente es uno de los alcoholes más abundantes, y en general los promedios obtenidos este año se incrementan respecto a los dos años precedentes, especialmente si se comparan con los de 2002. Los dos integrantes más importantes de este grupo químico, linalol y borneol, no se han visto afectados por el riego en ninguna recolección, y sus porcentajes no varían demasiado de una recolección a otra.

Mirtenal, que eluye junto a dihidrocarvona, y alcanfor son los únicos representantes de aldehídos y cetonas considerados en 2004. En ninguno de ellos se aprecian diferencias con significación estadística en base al tratamiento hídrico aplicado en este año, como tampoco las hay en 2002 ni 2003. El alcanfor se caracteriza por la elevada desviación estándar que lo acompaña en todos casi los casos.

Tabla III.3–8. Composición porcentual del aceite esencial de *Th. vulgaris*, en función del aporte hídrico (Primavera 2004).

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
Hidrocarburos Terpénicos					
α -Tujeno*	940	0,59 \pm 0,31	0,84 \pm 0,47	0,92 \pm 0,01	0,54 \pm 0,46
α -Pino	949	0,43 \pm 0,22	0,63 \pm 0,37	0,75 \pm 0,04	0,36 \pm 0,30
Canfeno	969	0,35 \pm 0,22	0,61 \pm 0,43	0,76 \pm 0,26	0,24 \pm 0,15
β -Pino	1007	0,17 \pm 0,06	0,20 \pm 0,08	0,21 \pm 0,03	0,16 \pm 0,08
Mirceno	1026	1,23 \pm 0,42	1,22 \pm 0,40	1,45 \pm 0,05	1,27 \pm 0,44
α -Felandreno	1042	0,12 \pm 0,05	0,10 \pm 0,04	0,14 \pm 0,01	0,14 \pm 0,05
α -Terpineno	1058	0,91 \pm 0,41	0,68 \pm 0,33	0,92 \pm 0,14	1,05 \pm 0,39
p-Cimeno	1068	16,90 \pm 3,20	19,13 \pm 4,28	15,32 \pm 1,37	13,70 \pm 2,03
Limoneno	1073	0,44 \pm 0,10	0,46 \pm 0,06	0,48 \pm 0,03	0,42 \pm 0,07
γ -Terpineno	1109	7,78 \pm 5,05	4,03 \pm 2,59	6,29 \pm 2,30	10,00 \pm 3,63
Terpinoleno + (E)-Óxido de linalol	1141	0,12 \pm 0,02	0,14 \pm 0,02	0,12 \pm 0,01	0,10 \pm 0,02
(E)-Cariofileno	1419	2,84 \pm 1,20	2,02 \pm 0,27	1,84 \pm 0,58	3,51 \pm 0,92
α -Humuleno	1457	0,16 \pm 0,06	0,09 \pm 0,02	0,11 \pm 0,04	0,18 \pm 0,04
Elemeno*	1481	0,10 \pm 0,03 ^a	0,09 \pm 0,03 ^a	0,09 \pm 0,02 ^a	0,17 \pm 0,03 ^b
β -Selineno*	1485	0,12 \pm 0,07	0,09 \pm 0,01	0,11 \pm 0,02	0,14 \pm 0,03
Valenceno	1510	0,08 \pm 0,03	0,08 \pm 0,02	0,07 \pm 0,02	0,10 \pm 0,01
γ -Cadineno*	1537	0,18 \pm 0,06	0,13 \pm 0,02	0,17 \pm 0,11	0,29 \pm 0,17
δ -Cadineno	1553	0,22 \pm 0,07	0,20 \pm 0,03	0,21 \pm 0,04	0,27 \pm 0,02
Alcoholes					
1-Octen-3-ol	1009	0,65 \pm 0,19	0,77 \pm 0,40	0,43 \pm 0,14	0,41 \pm 0,10
(E)-Hidrato de sabineno	1116	0,95 \pm 0,14 ^{ab}	0,76 \pm 0,21 ^{bc}	0,67 \pm 0,15 ^c	1,07 \pm 0,15 ^a
(Z)-Hidrato de sabineno*	1151	0,13 \pm 0,04	0,12 \pm 0,04	0,08 \pm 0,02	0,13 \pm 0,06
Linalol	1152	2,37 \pm 0,35	2,36 \pm 1,20	2,12 \pm 0,53	2,09 \pm 0,50
Borneol	1211	1,25 \pm 0,64	1,38 \pm 0,60	1,34 \pm 0,92	1,02 \pm 0,61
Terpinen-4-ol	1220	0,54 \pm 0,09	0,70 \pm 0,12	0,61 \pm 0,06	0,50 \pm 0,15
p-Cimen-8-ol	1227	0,09 \pm 0,04	0,12 \pm 0,05	0,09 \pm 0,01	0,09 \pm 0,09
α -Terpineol	1231	0,25 \pm 0,05	0,19 \pm 0,04	0,21 \pm 0,06	0,23 \pm 0,13
Geraniol + Acetato de linalilo	1281	0,08 \pm 0,02	0,08 \pm 0,02	0,08 \pm 0,07	0,11 \pm 0,08
Aldehídos					
Mirtenal + Dihidrocarvona	1235	0,11 \pm 0,04	0,12 \pm 0,04	0,09 \pm 0,01	0,09 \pm 0,04
Cetonas					
Alcanfor	1193	0,25 \pm 0,22	0,55 \pm 0,55	0,87 \pm 0,71	0,27 \pm 0,25
Ésteres					
2-Metilbutirato de metilo*	791	0,09 \pm 0,04	0,15 \pm 0,06	0,11 \pm 0,02	0,09 \pm 0,07
Acetato de bencilo	1214	0,12 \pm 0,02 ^a	0,10 \pm 0,02 ^a	0,06 \pm 0,01 ^b	0,12 \pm 0,03 ^a
Acetato de bornilo	1302	0,21 \pm 0,09	0,16 \pm 0,04	0,16 \pm 0,02	0,15 \pm 0,04
Fenoles					
Éter metílico de timol	1265	0,06 \pm 0,01	0,07 \pm 0,02	0,08 \pm 0,01	0,08 \pm 0,04
Éter metílico de carvacrol	1272	0,92 \pm 0,45 ^{ab}	1,64 \pm 0,74 ^a	1,42 \pm 0,53 ^a	0,50 \pm 0,42 ^b
Timol	1308	50,90 \pm 5,82	52,49 \pm 5,54	55,31 \pm 2,89	52,04 \pm 2,70
Carvacrol	1314	2,62 \pm 0,52	2,35 \pm 0,19	2,12 \pm 0,48	2,60 \pm 0,47
Epóxidos					
Óxido de cariofileno	1650	1,05 \pm 0,76	1,03 \pm 0,39	0,57 \pm 0,17	0,82 \pm 0,56

Tabla III.3–8 (continuación)

COMPONENTES	I. R.	% ETo			
		80 (81)	60 (63)	40 (44)	20 (30)
<i>Éter</i>					
1,8-Cineol	1076	0,70 ± 0,39	0,35 ± 0,34	0,42 ± 0,37	0,99 ± 0,96

^{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).

Entre los ésteres, encontramos que el acetato de bencilo presenta en el último año de estudio un porcentaje significativamente inferior con el tratamiento correspondiente al 40% de la ETo, en tanto que 80, 60 y 20% resultan ser igualmente efectivos para la síntesis de este componente. Dicho éster también muestra diferencias en función del aporte hídrico en 2003, con una tendencia similar a la de 2004. Por lo que respecta al más abundante de estos constituyentes, el acetato de bornilo, sus proporciones relativas descienden respecto a las de 2002 y 2003, siendo este descenso menos acusado con el 80% de la ETo.

El comportamiento frente al riego de los ésteres parece mostrar una cierta pauta ya que, en los casos en los que existen diferencias entre tratamientos, el resultado es mejor con los aportes hídricos extremos (80 y 20% de la ETo), lo que podría implicar una activación de la síntesis de estos componentes como respuesta al estrés hídrico, por exceso o por defecto. No obstante, considerando que la concentración de la mayor parte de estos constituyentes del aceite esencial no se ve afectada por el riego, además de que la variabilidad química que muestran estas plantas puede estar interfiriendo en los valores obtenidos con los mismos, esta tendencia debe ser contrastada con nuevos análisis.

De los cuatro fenoles incluidos en la tabla anterior, únicamente con el éter metílico de carvacrol se aprecia una conducta condicionada por la cantidad de agua aplicada, determinándose que regar con el menor

suplemento hídrico proporciona una concentración relativa de este componente significativamente inferior a las que se obtienen con el 60 y 40% de la ETo. Con el 20%, este fenol reduce su presencia en el aceite esencial respecto a 2002 y 2003.

El timol, por su parte, alcanza en 2004 el mejor promedio con el 40% de la ETo, pero no hay diferencias entre los cuatro niveles de humedad en lo que respecta a la síntesis de este componente, como ya ocurriera en 2003.

Dada la importancia de este fenol, y a pesar de que no se ha llevado a cabo un estudio de variabilidad con este cultivar, se ha realizado un examen de su contenido entre las distintas plantas analizadas, el cual aparece reflejado en la Figura III.3–6.

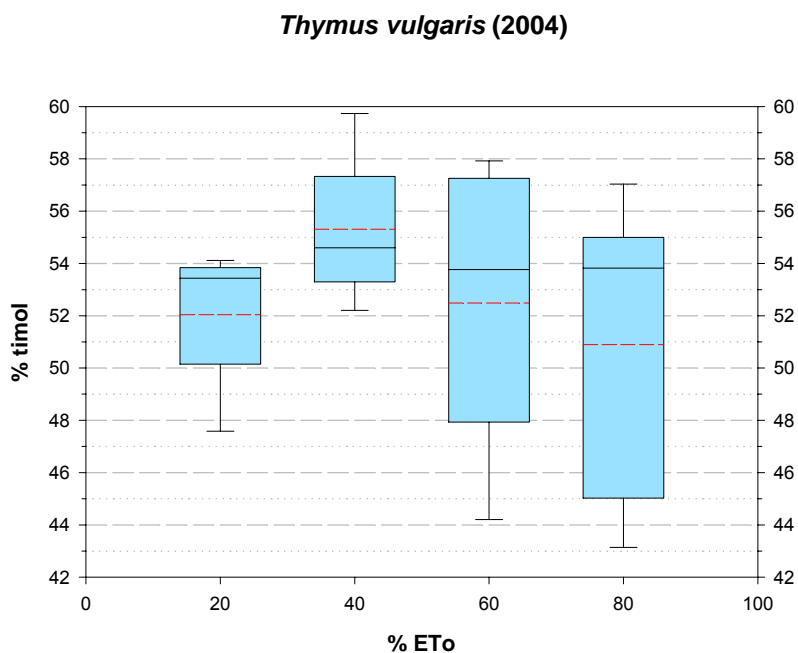


Fig. III.3–6. Distribución de las plantas según su contenido en timol.

Se puede advertir que, el promedio más bajo, representado por una línea roja discontinua, corresponde al 80% de la ETo. Sin embargo, con este tratamiento, el 50% de las plantas presentan una concentración relativa de timol igual o inferior a 53,8%. Este valor de la mediana es muy

similar al que se obtiene con el 60%, y sólo ligeramente superior del que se deriva de aplicar el menor suplemento hídrico (53,4%). Por lo que respecta al 40% ETo, la mediana (54,6%) está por encima de lo observado en el resto de tratamientos. Esto indica que entre las plantas que han estado recibiendo el agua necesaria para compensar el 40% de la ETo, se detectan porcentajes de timol que pueden superar el 55% en un número superior al que podemos encontrar en las parcelas regadas con el 80, 60 ó 20%, aunque la diferencia no resulte ser significativa.

El carvacrol, componente que también destaca por su importancia, no presenta una respuesta condicionada por el riego en ninguna recolección.

Finalmente, señalar que en 2004 ni los epóxidos más abundantes en esta labiada, ni el único éter identificado, se muestran afectados por el suplemento hídrico aplicado.

De todo lo expuesto se deduce que no es necesario procurar niveles elevados de agua a este cultivar para garantizar la calidad de su aceite esencial, llegando incluso a mejorar el contenido en timol con aportes hídricos relativamente bajos. No obstante, considerando que estas plantas han sido seleccionadas en base a su producción de biomasa, lo que justifica el escaso rendimiento en aceite que se obtiene a partir de las mismas, no parece oportuno reducir el aporte hídrico hasta valores inferiores a los necesarios para compensar el 60% de la ETo, ya tal reducción podría afectar a la generación de material vegetal.

Por otra parte, al tratarse de plantas generadas para su desarrollo en cultivo, no se manifiesta en ellas el proceso de adaptación que se observa en *Th. hyemalis* y *Th. zygis* en 2003 y 2004 respecto a 2002, que presentan un número sensiblemente inferior de componentes afectados por el riego en los dos últimos años de ensayo. En el caso de *Th. vulgaris*, tan solo un escaso número de constituyentes volátiles responde aumentando o disminuyendo significativamente su concentración relativa ante los distintos suministros de agua en cualquiera de las recolecciones

estudiadas. Es un hecho que una adecuada selección puede proporcionar individuos que toleran bien distintas condiciones de crecimiento, lo cual contribuye a asegurar el éxito del cultivo.

Como punto final, nos detendremos en analizar si el transcurso de las recolecciones influye en la síntesis de los principales componentes del aceite esencial de estas plantas, al igual que se ha hecho con las dos especies anteriores.

Para ello, se representan gráficamente los porcentajes correspondientes a timol y carvacrol que aparecen reflejados en las Tablas III.3–6 a III.3–8, con el fin de examinar el comportamiento de tales componentes en los tres años de estudio con cada uno de los aportes hídricos suministrados. Los resultados de este análisis conjunto aparecen en la Figura III.3–7.

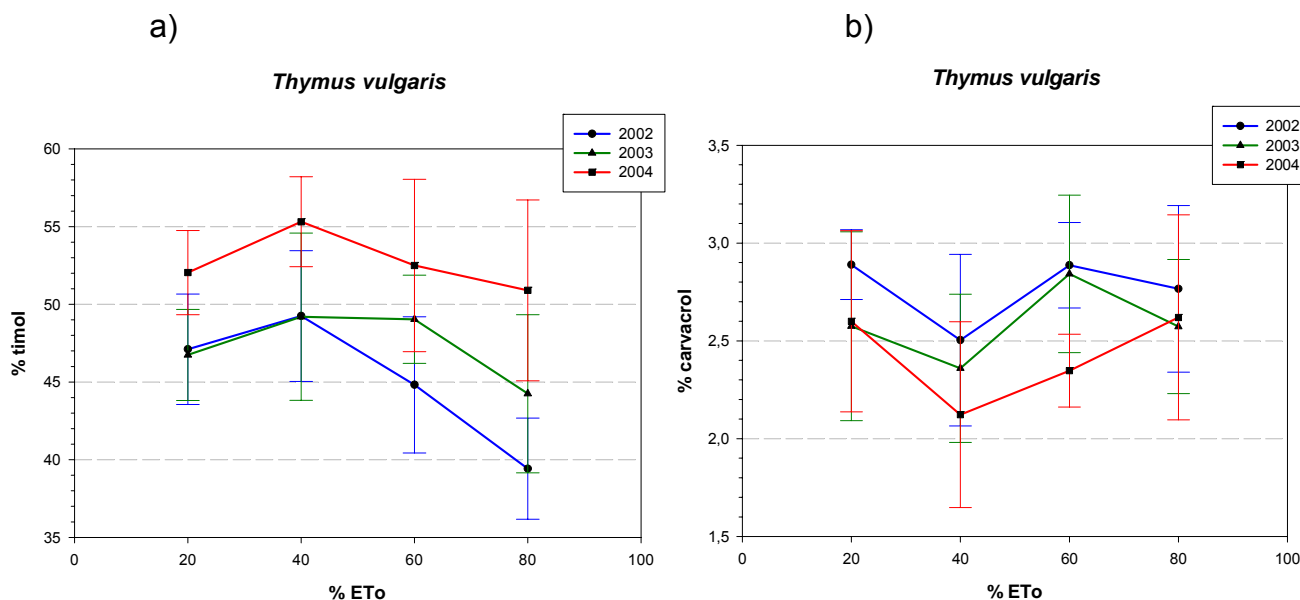


Fig. III.3–7. Evolución de la síntesis de compuestos fenólicos.

El contenido en timol (Figura III.3–7a), en general, tiende a aumentar con el transcurso de las recolecciones, lo cual es importante considerando que se trata del componente más valioso de estos aceites. Analizando estadísticamente este hecho, comprobamos que las diferencias entre los tres años sólo son sustanciales si el nivel de agua suministrado es el necesario para compensar el 80% de la ETo. Con dicho riego, los porcentajes de timol determinados en 2004 superan significativamente a los de 2002, no apreciándose diferencias entre estas dos cosechas y la de 2003.

Por último, el carvacrol (Figura III.3–7b), únicamente muestra diferencias entre las tres cosechas si el aporte hídrico administrado corresponde al 60% de la ETo. Con esta cantidad de agua, las recolecciones de 2002 y 2003 proporcionan concentraciones del fenol que superan significativamente a las de 2004. La aplicación de los otros tratamientos conduce a resultados homogéneos al comparar todas las siegas.