ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2003 – Vol. 99V N.º 2



I T E A

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2003 - AÑO XXXIV
Vol. 99V N.º 2

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN
Montañana, 176 - Apartado 727
50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Tel.: 34-976 576311
Fax.: 34-976 575501
E-mail: enotivol@aragob.es
andreu@eead.csic.es
cmmarin@aragob.es

Depósito legal: Z-577-82
ISSN: 1130-6017
INO Reproducciones, S.A.
Polígono Miguel Servet, nave 13
50013 Zaragoza

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Eduardo Notivol Paíno
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
EDITORES: Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Producción Animal: Clara Marín Alcalá
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
José Luis Alabart Álvarez
Juan A. Marín Velázquez
Azucena Gracia Royo
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Marisol Luis Arteaga
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Ángel Ruiz Mantecón
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: Pere Alberti Lasalle
Ignacio Delgado Enguita
Clara Marín Alcalá
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Emilio Manrique Persiva
Rafael Delfa Belenguer

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, editor titular del Copyright.

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones vertidas en los artículos firmados
que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 2002 se publicarán los volúmenes 98A y 98V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2003 será de 27 € para una serie y de 36 € para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

ITEA (2003), Vol. 99V N.° 2, 169-180

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL CORMO Y LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CORMOS DE *Crocus sativus* L.

J.A. de Juan*, A. Moya*, S. López*, O. Botella*, H. López, R. Muñoz****

* E.T.S.I. Agrónomos, Dpto. de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n, 02071 Albacete, España

** Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP, S.A.), Ctra. de Madrid s/n, 02080 Albacete, España

RESUMEN

Dos factores claves a tener en cuenta en el mejoramiento cultural de las especies de reproducción asexual o vegetativa son: el tamaño de los órganos de multiplicación y la distribución espacial de los mismos, en la que intervienen la densidad de plantación y su rectangularidad. En un experimento realizado en Albacete (España), en condiciones de regadío, se estudiaron los efectos del tamaño de las "cebollas" (tamaño grande, TG; tamaño mediano, TM; tamaño pequeño, TP) y la densidad poblacional de plantación (10 cormos.m^{-2}, D10; 30 cormos.m^{-2}, D30; 60 cormos.m^{-2}, D60; 100 cormos.m^{-2}, D100; 200 cormos.m^{-2}, D200; 300 cormos.m^{-2}, D300) en el cultivo de azafrán (*Crocus sativus* L.), sobre el rendimiento y la calidad de la producción anual de cormos. Las combinaciones más deseables, desde el punto de vista de la producción de cormos, sería plantar cormos de tamaño grande con densidades poblacionales de 200 y 300 cormos.m^{-2}, con las que se alcanzarían rendimientos de 28,4 t.ha^{-1} y 36,3 t.ha^{-1}, respectivamente; también, resultarían interesantes las combinaciones TG-D100, TM-D200 y TM-D300 con las que conseguirían 19,5, 23,1 y 21,1 t.ha^{-1}, respectivamente. Si lo que se busca es la obtención del mayor número posible de cormos tipo TG, las combinaciones a considerar a la hora de la plantación serían: TG-D300 (60,9 cormos.m^{-2}), TG-D100 (69,6 cormos.m^{-2}) y TG-D200 (66,9 cormos.m^{-2}); en el caso de desear el mayor número posible de cormos con el diámetro ecuatorial entre 2,2 y 3 cm, las combinaciones, para elegir a la hora de la plantación, serían: TG-D300 (259,3 cormos.m^{-2}), TG-D200 (150,7 cormos.m^{-2}), TM-D200 (118,4 cormos.m^{-2}) y TM-300 (145,3 cormos.m^{-2}). Una combinación interesante desde el punto de vista económico es TP-D300, con la que se podría lograr producir 150,0 cormos.m^{-2} de tipo TM.

Palabras clave: Azafrán, Implantación, Calibre, Población, Descendientes, Tasa de multiplicación.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE CORM SIZE AND THE DENSITY OF PLANTATION IN THE YIELD AND THE QUALITY OF THE PRODUCTION OF CORMOS OF *Crocus sativus* L.

Two important factors in the cultural improvement of the species of asexual or vegetative reproduction are the size of the organs of multiplication and the spatial distribution

of the same ones (density and form of plantation). In an experiment realized in Albacete (Spain), in conditions of irrigation, there were studied the effects of the size of the bulbs (big size, TG; medium size, TM; small size, TP) and the population density of plantation (10 corms.m^{-2}, D10; 30 corms.m^{-2}, D30; 60 corms.m^{-2}, D60; 100 corms.m^{-2}, D100; 200 corms.m^{-2}, D200; 300 corms.m^{-2}, D300) in the crop of saffron (*Crocus sativus* L.), on the yield and the quality of the annual corms production. The best combinations, from the point of view of the production of corms, it would be to plant corms of big size with densities of 200 and 300 corms.m-^{2}, with yields of 28.4 t.ha^{-1} and 36.3 t.ha^{-1}, respectively; also, there would turn out to be interesting the combinations TG-D100, TM-D200 and TM-D300 with which they would obtain 19.5, 23.1 and 21.1 t.ha^{-1}, respectively. If what is looked is the obtaining of the major possible number of corms type TG, the combinations to considering at the moment of the plantation would be: TG-D300 (60.9 corms.m^{-2}), TG-D100 (69.6 corms.m^{-2}) and TG-D200 (66.9 corms.m^{-2}); in case of wishing the major possible number of corms with the equatorial diameter superior to 2.2 cm, the combinations, to choose at the moment of the plantation, they would be: TG-D300 (259.3 corms.m^{-2}), TG-200 (150.7 corms.m^{-2}), TM-D200 (118.4 corms.m^{-2}) and TM-D300 (145.3 corms.m^{-2}). An interesting combination from the economic point of view is TP-D300, it might manage produce 150.0 corms.m^{-2}, principally of TM type.

Key words: Saffron, Implantation, Caliber, Population, Descendants, Rate of multiplication.

Introducción

El azafrán es una planta herbácea, perenne y geófita que pertenece a la familia botánica *Iridaceae* (unos 80 géneros y cerca de 1.500 especies), cuyo fundamento principal de su cultivo actual es el aprovechamiento de sus estigmas florales tratados como especia (PÉREZ, 1995; RUBIO, 1997). Se trata de un triploide estéril; diversos estudios citogenéticos han confirmado que la planta de azafrán es un autotriploide estéril (CHICHIRICCO, 1984; GHAFFARI, 1986), con multiplicación vegetativa por medio de cormos (MATHEW, 1982; BASKER Y NEGBI, 1986), también denominados bulbos sólidos o tuberobulbos (PICCI, 1987). En el ciclo anual de esta especie hortícola, la fase final de la formación de los cormos "hijos" (dos o tres por cada cormo "madre"), coincide con la inducción del período de latencia; no se habla de reposo, porque, en la práctica, es un proceso dinámico de cambios graduales y permanentes (MUÑOZ, 2000). El azafranal recién cosechado, normalmente, presenta los cormos en latencia y no brotan si son plantados inmediatamente (BOTELLA *et al.*, 2002).

Existe una tendencia generalizada de disminución de la superficie española cultivada de azafrán desde los años 1930 (11.282 ha, año 1930) hasta la mitad de los años 90 (1.162 ha, año 1995) (MAPA, 1997), si bien se asiste a un cambio claro de dicha tendencia regresiva en los últimos años, aunque no está cuantificado. La disminución de la superficie cultivada ha restringido tanto la cantidad como la calidad del material vegetal disponible para las nuevas plantaciones exigidas por los sistemas de producción plurianuales tradicionales, con duración del azafranal de 3 a 8 años, y las previsibles en sistemas de cultivos anuales y bianuales, concebidos en un hipotético contexto de explotación extensiva de regadío, donde la plantación, la recolección de cormos y la cosecha de la flor se realizarían de forma mecanizada. Igualmente, la producción forza-

da, encaminada a obtener estigmas florales durante gran parte del año y, así, aprovechar las infraestructuras de otros cultivos sociales de Castilla-La Mancha (p.e., champiñón, setas y endibias), requiere de material vegetal de multiplicación muy selecto, que no sea condicionante de los resultados esperados.

Está demostrada la influencia del tamaño del cormo en la producción de flores y, por lo tanto, de estigmas frescos; por ejemplo, Benschop (1993) afirma que, para que la planta de azafrán florezca, el diámetro del cormo debe tener, al menos, 1 cm de diámetro ecuatorial. De Mastro y Ruta (1993) han constatado un aumento de flores por cormo cuando el tamaño de éste aumenta en la plantación, conclusión análoga a la obtenida por GÓMEZ *et al.* (1987), NEGBI *et al.* (1989) y DE JUAN *et al.* (2001). En diversos países de la Cuenca Mediterránea, las plantaciones se llevan a cabo con cormos bien desarrollados de 20-25 mm de diámetro y 35-40 mm de altura (RADOUNI, 1985; SKRUBIS, 1990; TAMMARO, 1990); con diámetros superiores a 30 mm, se pueden producir hasta 12 flores por cormo.

El cultivo de esta especia necesita un giro radical de los sistemas de cultivo empleados, siendo esencial partir de cormos sanos que tengan un tamaño mínimo; es recomendable que el diámetro ecuatorial no sea inferior a 22,5 mm (MUÑOZ, 2000). Dada la carencia que existe de material vegetal para las nuevas plantaciones, está justificado el estudio de los factores agronómicos que influyen en la obtención de cormos en suficiente cantidad y con la calidad idónea para garantizar un buen rendimiento de estigmas frescos por cormo plantado.

Este estudio tiene por finalidad aportar los resultados de un conjunto de densidades de plantación y de tamaño de cormos sobre el rendimiento, la participación de cormos de diferentes tamaños en el mismo, bajo condiciones de regadío de clima mediterráneo continentalizado.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de la capa arable (0-35 cm)
Table 1. Physical-chemistry properties of the arable layer (0-35 cm)

Parámetro	Método	1er muestreo	2º muestreo
Textura	Bouyoucos	Franco arenosa Arena 76% Limo 16% Arcilla 8%	Franco arenosa Arena 74% Limo 18% Arcilla 8%
pH	Extracto 1/2,5 en H_2O	8,54	8,54
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	Extracto 1/5 en H_2O a 25°C	0,216	0,231
Materia Orgánica (%)	Walkley Black	1,55	1,55
Relación	C/N	11	11
Nitrógeno total (%)	Kjeldahl	0,083	0,084
Fósforo asimilable (ppm)	Olsen	10	11
Potasio (ppm)	Extracción acetato amónico espectrofotometría de absorción atómica	250	245
Carbonatos totales (%)	Calcímetro de Bernard	35,5	36,92
Caliza activa (%)	Drouineau-Galet	5,68	4,97

Material y métodos

Condiciones de la experiencia

El ensayo de campo se localizó en el término municipal de Albacete, en la finca "Las Tiesas", gestionada por el ITAP, S.A. y propiedad de la Diputación Provincial. El experimento se realizó durante la campaña agrícola 1999-2000.

En general, el tiempo atmosférico durante el experimento no presentó características que se apartaran significativamente de las consideradas como normales en los últimos 16 años. La capa arable, cuyas propiedades físicas-químicas se presentan en la tabla n.° 1, se asienta sobre Calcisoles Pétricos, antiguos suelos "pardo calizos de costra calcárea" (SÁNCHEZ *et al.*, 1999).

Material vegetal y fitotecnia del campo experimental

Las labores preparatorias de la plantación y las labores y operaciones de cultivo aplicadas al azafranal fueron las propias de la zona (DE JUAN y LOZANO, 1991).

El material utilizado para la plantación de las parcelas elementales se adquirió en Lezuza (Albacete). Los cormos, de sanidad aceptable, sin síntomas externos de presencia de plagas y enfermedades, procedían de una misma parcela comercial cultivada en secano, en suelos de vega. Las "cebollas", limpiadas y cribadas manualmente para clasificarlas en diferentes grupos de tamaños, fueron desinfectadas con benomilo antes de la plantación.

Los cormos se plantaron manualmente a unos 10 cm de profundidad durante la última semana del mes de septiembre (año 1999). Se dispusieron en 3-5 líneas de plantación, según la densidad poblacional ensayada.

El riego se efectuó mediante un sistema localizado con goteros autocompensantes de 3,8 $l.h^{-1}$ de caudal nominal, separados en las líneas portagoteros (PE, 16 mm de diámetro) 0,5 m entre sí. La presión registrada durante la aplicación de las dosis de riego fue de 1,8 $kg.cm^{-2}$. Se dispuso también de un regulador de presión en el hidrante y de

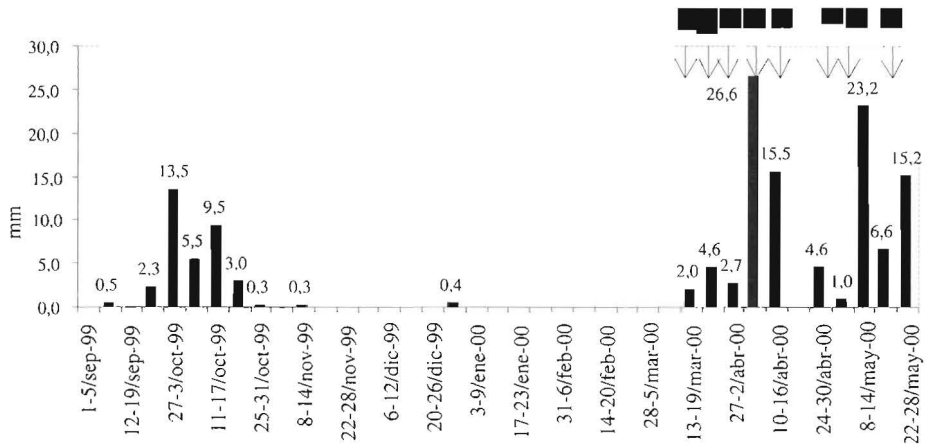


Figura 1. Precipitación semanal (■) y dosis (↓) de riego.
Figure 1. Weekly rainfall (■) and irrigation doses (↓).

un caudalímetro y una válvula de bola para el control de la aplicación del riego.

Desde el primer riego, efectuado el 5 de marzo del año 2000, hasta el último, efectuado el 18 de mayo del año 2000, se aplicó un volumen estacional de agua de 90,5 mm, en 9 riegos de, aproximadamente, 9 mm cada uno de ellos, excepto el primero que fue de 18,1 mm (fig.1). Durante la etapa de la actividad vegetativa azafranal, el agua total recibida por el campo experimental fue de 190,9 mm.

Diseño y análisis experimental

Este estudio se plantea a nivel del sujeto productivo, para conocer como influye el tamaño del cormo y la densidad de plantación en el rendimiento y la calidad de la producción de cormos de un azafranal en su ciclo anual.

El diseño estadístico elegido es un plan factorial doble equilibrado con tres repeticiones. Los factores y sus niveles estudiados son: tamaño del cormo de plantación (grandes, TG = Ø > 3 cm; medianos, TM = 2,2 cm < Ø < 3 cm; y pequeños, TP = Ø < 2,2 cm) y densidad de plantación (10 cormos.m^{-2}, D10; 30 cormos.m^{-2}, D30; 60 cormos.m^{-2}, D60; 100 cormos.m^{-2}, D100; 200 cormos.m^{-2}, D200; y 300 cormos.m^{-2}, D300). En total, se contó con 54 parcelas elementales de 1,5 m^2 (1 x 1,5 m).

En cada parcela elemental, los cormos, recolectados manualmente durante la última semana de junio y la primera de julio, se contaron y pesaron en fresco; posteriormente, la cosecha de cada una de ellas se agrupó en tres categorías atendiendo al calibre de los cormos, siguiendo el mismo procedimiento de clasificación que el expuesto para la plantación.

Mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) se estudió la influencia de los factores fitotécnicos tamaño del cormo y densidad poblacional en la plantación sobre el rendimiento cuantitativo, y sus componentes, y la calidad de la producción de los cormos descendientes tras un ciclo anual de cultivo de azafrán. Posteriormente, se utilizó el test de Duncan para la separación de las medias de los niveles de los factores estudiados (STEEL y TORRIE, 1985). Para el establecimiento de las relaciones de producción se ha recurrido a la técnica estadística de la regresión no lineal (HUET *et al.*, 1992), analizando diferentes modelos matemáticos. Para el análisis estadístico de los datos, se ha utilizado, como herramienta, el paquete informático Statgraphics v. 7.0 (Statistical Graphics Corporation, 1993).

Resultados

Rendimiento

La interacción entre los factores objeto del estudio es altamente significativa ($p < 0,001$), siendo las combinaciones más favorables (fig. 2a) TG-D300 (1362 cormos.m^{-2}), TG-D200 (824 cormos.m^{-2}) y TM-D300 (785 cormos.m^{-2}) y las menos favorables, TM-D10 (14 cormos.m^{-2}), TP-D10 (14 cormos.m^{-2}) y TG-D10 (34 cormos.m^{-2}); se puede observar como el NCT aumenta con la densidad de plantación para los distintos tamaños de los cormos plantados. En la figura n.º 3, se presentan las relaciones obtenidas entre los datos experimentales del NCT y la densidad de plantación para cada uno de los grupos de tamaño de cormo plantado. Los resultados indican unas relaciones altamente significativas, expresadas mediante modelos matemáticos representados por funciones polinómicas de tercer grado, con

valores del coeficiente de determinación (R^2) del 99% y errores estándares de las estimaciones (llamados también "Root Mean Square of the Error, RMSE") variables entre 11 y 20 cormos.m^{-2}. Los peores índices de multiplicación se obtienen en todas las combinaciones de TP, con valores próximos a 1,2 cormos por cormo plantado, mientras que los valores de las diversas combinaciones de TG oscilan entre 3,4 (TG-D10 y TG-D30) y 4,6 (TG-D300) y los de TM, entre 1,4 (TM-D10) y 3,3 (TM-D30).

Con respecto al peso medio del cormo (PUNI, g.cormo^{-1}), el segundo componente del rendimiento, la interacción no es significativa, destacando los valores medios inferiores (fig. 2b) que se obtienen con las densidades poblacionales D200 y D300, con valores comprendidos entre 2,7 (TG-D300) y 4,2 g.cormo^{-1} (TP-D200). Son de destacar los altos valores que se consiguen con las densidades poblacionales inferiores, entre 4,3 (TP-D30) y 8,0 g.cormo^{-1} (TG-D30). En la figura n.º 4, se muestran los modelos

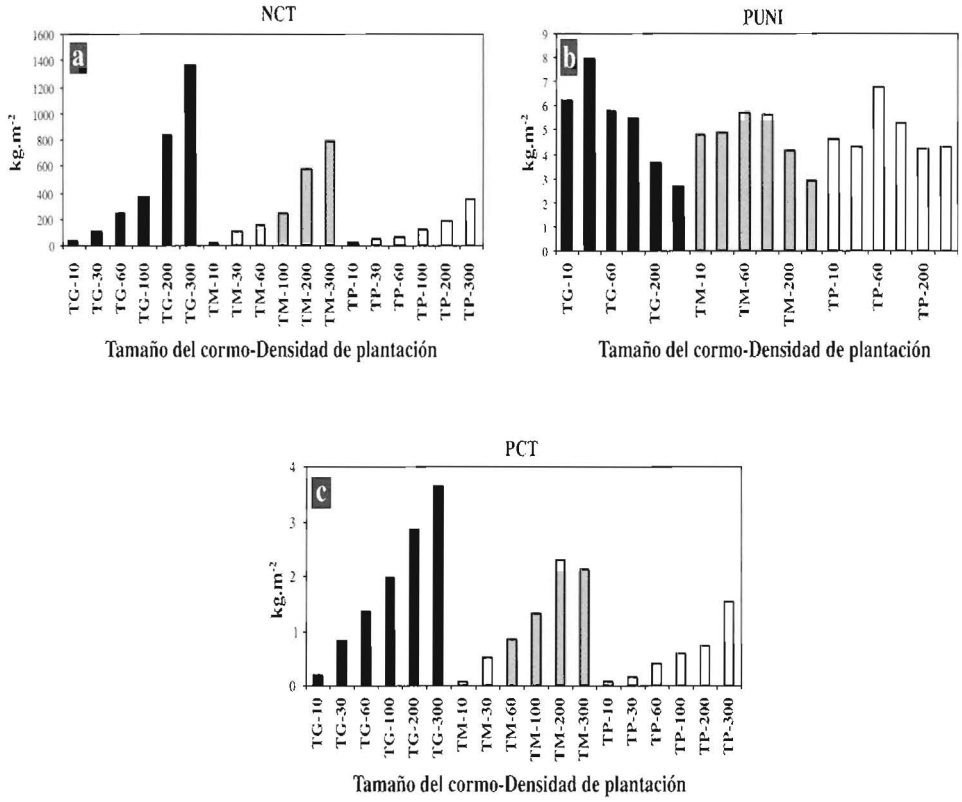


Figura 2. Valores medios de las variables número de cormos por metro cuadrado (NCT), peso unitario de cormos (PUNI) y rendimiento de cormos descendientes (PCT) en la interacción de los factores tamaño del cormo plantado y densidad de plantación.

Figure 2. Average values of variable number of corms for square meter (NCT), unit weight of corms (PUNI) and yield of corms descendants (PCT) in the interaction of the factors corm size and population density of plantation.

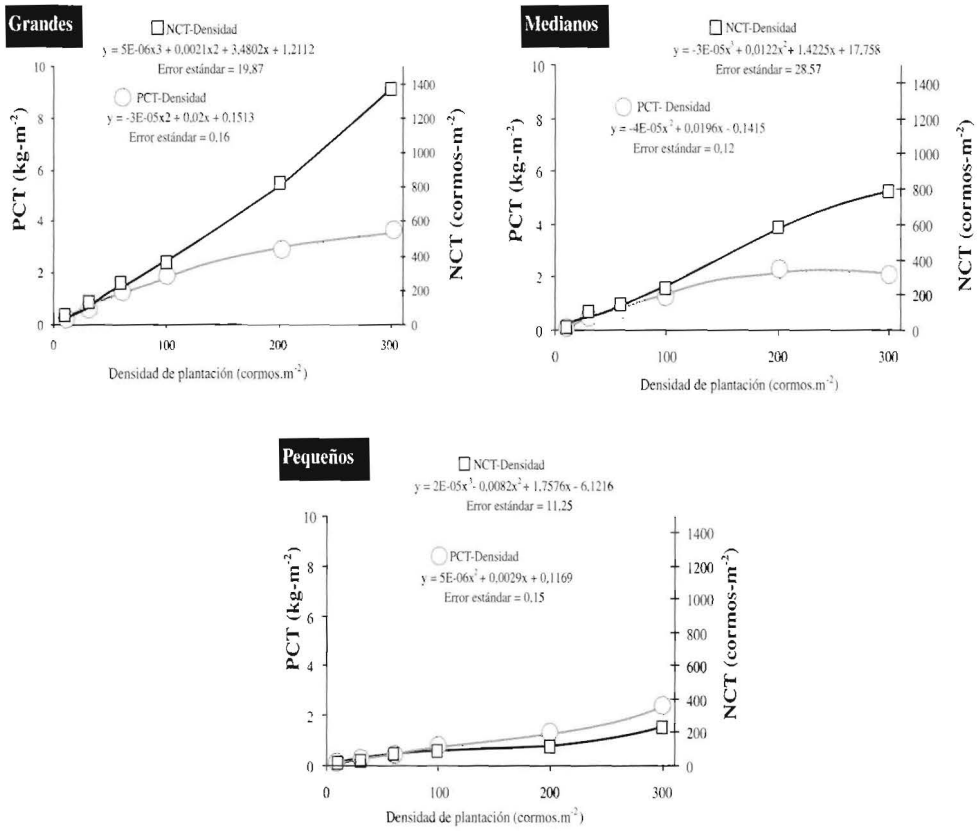


Figura 3. Relaciones entre los rendimientos (PCT) y el número de cormos total por metro cuadrado (NCT) frente a la densidad de plantación del cultivo del azafrán.

Figure 3. Relationships of yield (PCT) and number of corms for square meter (NCT) versus population density of plantation of saffron crop.

matemáticos que relacionan los pesos unitarios medios de los cormos producidos con la densidad de plantación; las ecuaciones de regresión que mejor se ajustaron a los datos de PUNI fueron polinómicas de segundo grado, explicando del 29,3% (con cormos pequeños) al 88,7% (con cormos medianos) de variación del PUNI respecto a la densidad de plantación. En general, y muy significativamente, cuando se plantan los cormos del tamaño grande, el PUNI disminuye con el aumento de la densidad de plantación.

Tal como muestra la figura n.º 2c, la interacción de los factores objeto de estudio, significativa estadísticamente, pone de manifiesto la tendencia de las densidades poblacionales elevadas a rendir las mayores producciones de cormos para cada uno de los tres grupos de tamaño de los mismos; así, en el grupo de TG, los valores varían entre 2,2 t.ha^{-1} (D10) y 36,3 t.ha^{-1} (D300), mientras que en el tipo TM, los valores oscilaron entre 0,6 t.ha^{-1} (D10) y 21,1 t.ha^{-1} (D300), y, en la categoría TP, entre 0,8 t.ha^{-1}

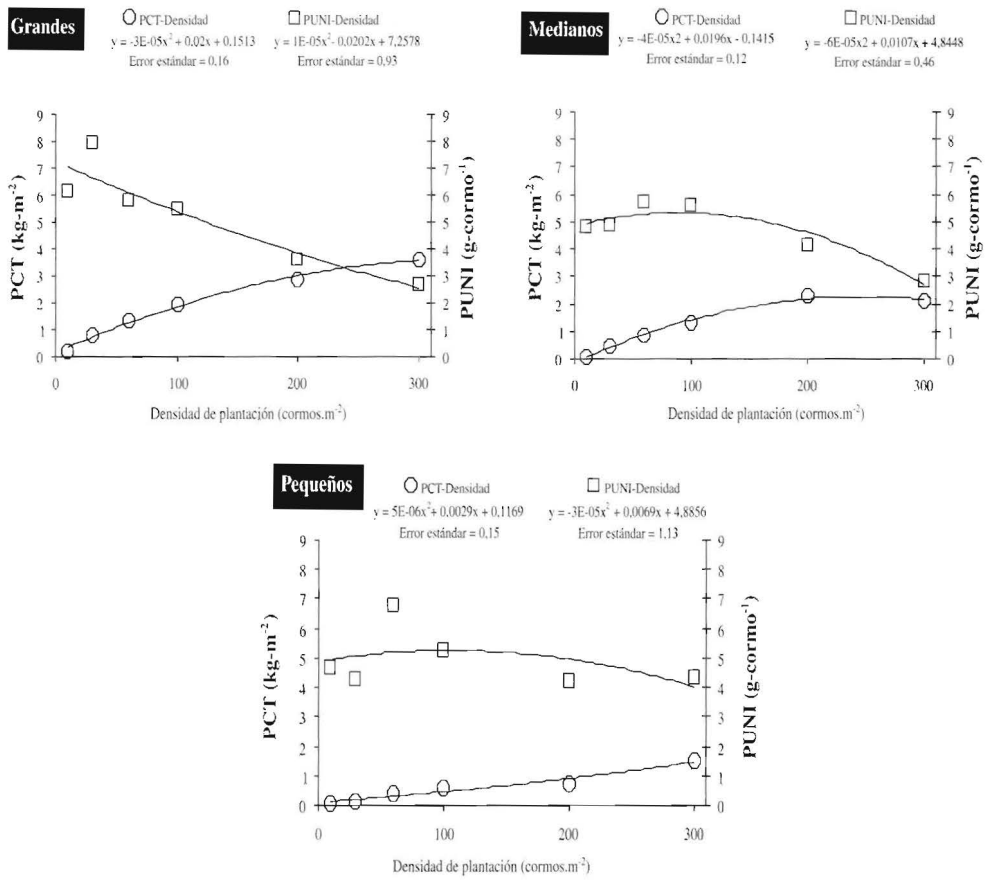


Figura 4. Relaciones entre los rendimientos (PCT) y el peso unitario medio de los cormos descendientes (PUNI) frente a la densidad de plantación del cultivo de azafrán.

Figure 4. Relationships of yield (PCT) and average unit weigth of descendants coms (PUNI) and density of plantation of saffron crop.

(D10) y 15,3 t.ha^{-1} (D300). Las figuras n.° 3 y 4 recogen las funciones de producción (PCT) respecto a la densidad poblacional, representados por modelos polinómicos de segundo grado con valores del coeficiente de determinación (R^2) del 94,9-99,0% y errores estándares de las estimaciones variables entre 0,12 y 0,16 kg.m^{-2}. Al igual que con NCT, el rendimiento aumenta cuando lo hace la densidad de plantación, sea cualesquiera el tamaño del cormo plantado.

Calidad de la producción

La interacción entre los factores agronómicos objeto de estudio es significativa ($p < 0,001$) cuando se trata de valorar la participación del número de cormos cosechados, categorizados en los tres tipos de tamaño (NCG, número de cormos grandes producidos; NCM, número de cormos medianos; y NCP, número de cormos pequeños), en el número de cormos total producidos por uni-

dad de superficie (fig. 5). En general, la obtención de un mayor número de cormos medianos (2,2 cm < Ø < 3 cm) y pequeños (Ø < 2,2 cm) se ve favorecida por la plantación de cormos grandes (Ø > 3 cm) y densidades elevadas (figs. 5b,c); sea cual sea el tamaño de los cormos plantados, el aumento de la densidad de plantación favorece NCM y NCP (fig. 5). La plantación de cormos grandes favorece también la formación anual de un mayor número de cormos de tamaño grande (fig. 5a), si bien este tipo de producción se ve perjudicada con las densidades superiores, de 100 a 300 cormos.m^{-2}, según el tamaño del cormo plantado.

Cuando se trata de producir cormos de tamaño grande, es de destacar que, sea cual sea el tamaño del cormos plantado, el aumento de la densidad de plantación reduce, por lo general, la participación porcentual de NCG hasta valores de 2,7% (TM-D300) y 3,0% (TP-D300); con cormos grandes, esta disminución se produce desde el 25,5% (TG-D10, TG-D30) hasta el 4,5% (TG-D300). La mayor participación porcentual NCM en NCT es producida con la plantación de cormos pequeños, entre el 31,0% (TP-D10) y el 55,6% (TP-D200), mientras que, con cormos grandes, se obtienen valores comprendidos entre 13,1% (TG-D10) y

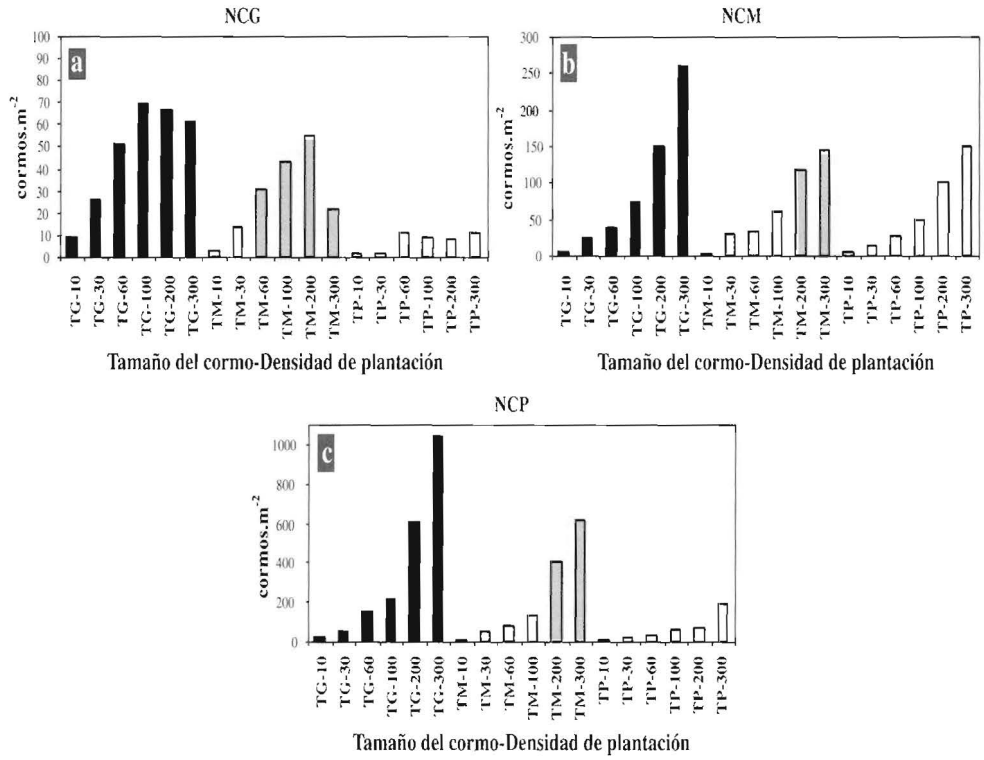


Figura 5. Valores medios de las variables números de cormos grandes (a), medianos (b) y pequeños (c) en la interacción de los factores tamaño de cormo y densidad de plantación.

Figure 5. Average values of variable number of big corms (a),medium corms (b) and small corms (in the interaction of the factors corm size and population density of plantation.

21,0% (TG-D30); en todos los casos, no existe una tendencia clara, a aumentar o a disminuir, cuando lo hace la densidad poblacional. La participación porcentual del destrio se ve favorecida con la plantación de cormos grandes y medianos, con valores que oscilan entre el 51,7% (TG-D30) y 78,8% (TM-D300); las mayores participaciones porcentuales de NCP en NCT se logran con las densidades superiores, entre el 69,8% (TM-D200) y el 78,8% (TM-D300).

Discusión

En la escasa y reiterativa bibliografía existente acerca del cultivo de azafrán, no se ha encontrado estudios que analicen el efecto del tamaño del cormo plantado sobre la producción de cormos descendientes en un cultivo anual. Sin embargo, está demostrado la importancia del tamaño del cormo para la producción de flores y, por tanto, de estigmas frescos (TAMMARO, 1990; NEGBI, 1990). Es de sumo interés, en consecuencia, obtener cormos de tamaño mediano y grande para lograr producciones rentables de estigmas frescos, de hasta 12 flores por cormo plantado.

La reducción del rendimiento observada con la plantación de cormos de tamaño pequeño, y sin tener en cuenta la densidad poblacional y la calidad de los cormos producidos, llevaría a recomendar plantaciones con cormos de Ø > 2,2 cm con el fin de maximizar la producción cuantitativa, especialmente con los de diámetro ecuatorial superior a 3 cm; en ambos casos, los rendimientos medios obtenidos fueron, respectivamente, 11,8 y 17,9 $t.ha^{-1}$. En el trabajo de NEGBI *et al.* (1989), se demuestra que el incremento del tamaño de los cormos plantados favorece el número de cormos producidos por unidad de superficie y aumenta el rendimiento de cormos descendientes; sin embargo, en dicho trabajo experimental, el peso medio de los cormos "hijos" no fue afectado significativamente por el tamaño de los cormos plantados (el peso varió entre 2,5 y 15,0 g). Los resultados presentados por MCGIMPSEY *et al.* (1997) ponen en evidencia como, aumentando el tamaño de los cormos plantados, se obtiene, en el segundo año de cultivo, un incremento del rendimiento de cormos descendientes, con similares resultados a los de Negbi *et al.* (1989), pero la utilización de los cormos de tamaño inferior produjo pesos unitarios medios de los cormos que resultaron ser la mitad de los logrados con los otros seis tamaños ensayados; probablemente, este hecho se debió a que el tamaño de cormo plantado fue demasiado pequeño, 0,6 $g.cormo^{-1}$ (considerablemente más pequeño que el rango utilizado por Negbi *et al.* (1989)). De igual forma, considerando la densidad poblacional, y sin considerar el tamaño de cormo plantado y la calidad de los cormos producidos, lo más recomendable sería recurrir a densidades poblacionales elevadas, con las que se obtienen desde 12,8 $t.ha^{-1}$ (D100) a 24,2 $t.ha^{-1}$ (D300). Las combinaciones más deseables, sin valorar la calidad de la producción, sería plantar cormos del tipo TG con densidades poblacionales de 200 y 300 $cormos.m^{-2}$, con las que se alcanzarían rendimientos de 28,4 $t.ha^{-1}$ y 36,3 $t.ha^{-1}$, respectivamente; también, resultaría interesante la combinaciones TG-D100, TM-200 y TM-300 con las que conseguirían 19,5, 23,1 y 21,1 $t.ha^{-1}$, respectivamente.

La calidad de la producción, expresada por el número de cormos con diámetros superiores (tipos TG y TM), está en relación directa con el tamaño del cormo plantado y con la densidad poblacional de plantación, lo cual conduce a recomendar los tipos TG y TM y las densidades poblacionales D100, D200 y D300, bajo condiciones similares a las de

nuestro ensayo y siempre que se considere económicamente la producción de estigmas en ese año de cultivo. Si lo que se busca es la obtención del mayor número posible de cormos tipo TG, las combinaciones a considerar a la hora de la plantación serían: TG-D300 (60,9 cormos.m^{-2}), TG-D100 (69,6 cormos.m^{-2}) y TG-D200 (66,9 cormos.m^{-2}); en el caso de desear el mayor número posible de cormos con el diámetro ecuatorial superior a 2,2 cm, las combinaciones, para elegir a la hora de la plantación, serían: TG-D300 (259,3 cormos.m^{-2}), TG-D200 (150,7 cormos.m^{-2}), TM-D200 (118,4 cormos.m^{-2}) y TM-D300 (145,3 cormos.m^{-2}). En todas estas propuestas, los cormillos de calibres inferiores a 2,2 cm (sin capacidad florífera) son perfectamente aprovechables para ser engrosados en la campaña siguiente y producir cormos capaces de proporcionar flores y estigmas; en este sentido, son de especial interés las combinaciones TG-D300 (1042 cormos.m^{-2}), TG-D200 (606 cormos.m^{-2}), TM-300 (618 cormos.m^{-2}) y TM-D200 (400 cormos.m^{-2}). Una combinación interesante, desde el punto de vista económico, es TP-D300, con la que se podría lograr producir 150 cormos.m^{-2} de tipo TM, es decir, el 42,6% del NCT.

La bibliografía consultada refiere, para el sistema de producción de estigmas plurianual, la utilización por parte de los agricultores de cormos de tipo mediano, entre 2,2 y 3 cm de diámetro, y densidades poblacionales de 60 cormos.m^{-2} (PÉREZ, 1995), y 35 a 45 cormos.m^{-2} en la provincia de Teruel y entre 50 y 60 cormos.m^{-2} en La Mancha (RUBIO, 1997).

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido merced a la aprobación del Proyecto FEDER 1FD97-1092 titulado "Estudios Agronómicos de la producción y postcosecha del azafrán (*Crocus sativus* L.) para el desarrollo del sector azafranero castellano-manchego".

Bibliografía

BASKER D., NEGBI M., 1983. The uses of saffron. Econ. Bot., 37, 228-236.

BENSCHOP M., 1993. Crocus, pp. 257-272. En: The Physiology of Flower Bulbs. A. De Hertogh, M. Le Nard (Eds.). Ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam (The Netherlands).

BOTELLA O. DE JUAN J.A., MUÑOZ R.M., MOYA A., LÓPEZ H. (2002). Descripción morfológica y ciclo anual del azafrán (*Crocus sativus* L.). Cuadernos de Fitopatología, 71, 18-28.

CHICHIRICCO G., 1984. Karyotype and meiotic behaviour of the triploid *Crocus sativus* L. Caryologia, 37, 233-239.

DE JUAN J.A., BOTELLA O., MUÑOZ R., MOYA, A., LÓPEZ H., 2001. Respuestas agronómicas del cultivo del azafrán (*Crocus sativus* L.) sometido a diferentes factores culturales. IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Cáceres (España).

DE JUAN J.A., LOZANO D., 1991. Situación fitotécnica de la superficie dedicada al cultivo de secano en la zona del canal de Albacete. Ed. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete (España).

DE MASTRO G., RUTA C., 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. Acta Horticulturae, 334, 512-517.

GHAFFARI S. M., 1986. Cytogenetic studies of cultivated *Crocus sativus* L. (*Iridaceae*). Plant. Syst. Evol., 153, 199-204.

GÓMEZ R., VARÓN R., GARCÍA M., VÁZQUEZ A., ALONSO G., 1988. Estudio del azafrán (*Crocus sativus* L.) en la provincia de Albacete. I Producción. Anales de Biología, Universidad de Murcia, Murcia, 13, 63-70.

HUET S.M., JOLIVET E., MESSEAN A. 1992. La regression non-linèaire. INRA Editions, Paris, France.

MAPA, 1997. Anuario de Estadística Agraria. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.

MATHEW B., 1982. The *Crocus*. A Revision of the Genus *Crocus* (*Iridaceae*). B.T. Batsford Limited. London (UK).

MCGIMPSEY J.A., DOUGLAS M.H., WALLACE A.R., 1997. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in New Zeland. New Zeland J. of Crop and Horticultural Sci., 25, 159-168.

MUÑOZ R.M., 2000. Estudios agronómicos en el cultivo del azafrán (*Crocus sativus* L.). Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete (España).

NEGBI M., 1990. Physiological research on the saffron crocus (*Crocus sativus* L.), pp. 183-207. En: Lo Zafferano: Proceedings of the International Conference on Saffron (*Crocus sativus* L.). F. Tammaro, L. Marra (eds.). Ed. Universita Degli Studi, L'Aquila e Academia Italiana della Cucina, L'Aquila (Italia).

NEGBI M., DAGAN B., DROR A., BASKER D., 1989. Growth, flowering, vegetative reproduction, and dormancy in the saffron crocus (*C. sativus*). Israel J. Bot., 38, 95-113.

PÉREZ M., 1995. El azafrán. Historia, cultivo, comercio, gastronomía. Ed. Agrotécnicas, Madrid (España).

PICCI V., 1987. Sintesi sulle esperienze di coltivazione di *Crocus sativus* L. in Italia. Atti Convegno sulla Coltivazione dello Piante Officinali, 119-157.

RADOUNI J., 1985. Monographie du Saffran dans la Región de Taliouine. Mémoire d'Ingenieur d'Application, IAV Hassan II, Agadir (Marocco).

RUBIO P., 1997. El azafrán y la comarca del Jiloca. Centro de Estudios del Jiloca, Calamocha, Teruel (España).

SÁNCHEZ J., BOLUDA R., ARTIGAO A., NORELL C., COLOMER J.C., GUARDADO R. 1994. Suelos. En F. J. Martín de Santa Olalla (coord.), Desertificación en Castilla-La Mancha. El Proyecto EFEDA, 97-141. Colección Estudios, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca (España).

SKUBIS B., 1990. The cultivation in Greece of *Crocus sativus* L., pp. 171-172. En: Lo Zafferano: Proceedings of the International Conference on Saffron (*Crocus sativus* L.). F. Tammaro, L. Marra (eds.). Ed. Universita Degli Studi, L'Aquila e Academia Italiana della Cucina, L'Aquila (Italia).

STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION, 1993. Statgraphics v.7.0. User's Guide. STSC. Inc., Rockville, Maryland (U.S.A.).

STEEL R.G.A., TORRIE J.H., 1985. Bioestadística. Principios y procedimentos. 2ª Edición y primera en castellano. McGraww-Hill, México D.F. (México).

TAMMARO F., 1990. *Crocus sativus* L. Cv. Piano di Navelli (L'Aquila saffron): environment, cultivation, morphometric characteristics, active principles, uses, pp. 47-57. En: Lo Zafferano: Proceedings of the International Conference on Saffron (*Crocus sativus* L.). F. Tammaro, L. Marra (eds.). Ed. Universita Degli Studi, L'Aquila e Academia Italiana della Cucina, L'Aquila (Italia).

(Aceptado para publicación el 7 de enero de 2003).

ITEA (2003), Vol. 99V N.° 2, 181-195

COMPUESTOS AROMÁTICOS Y CALIDAD DE MANZANAS 'FUJI' DURANTE SU MADURACIÓN EN CAMPO Y POSTERIOR ALMACENAMIENTO FRIGORÍFICO

G. Echeverría, M.L. López, J. Graell

Área de Postcosecha, CeRTA, Centro UdL-IRTA.
Avda. Rovira Roure, 191, 25198 Lleida, España
e-mail: jordi.graell@irta.es

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los compuestos aromáticos y la calidad en manzanas 'Fuji' (Nagafu 6) durante su maduración en campo y a lo largo de su almacenamiento. En campo, se realizaron 6 muestreos pre-cosecha. A los 185 y 195 días después de floración (DDPF) se cosecharon frutos, los cuales se almacenaban en atmósfera ULO (1,1% O_2 + 0,9% CO_2, 1 °C, 92% HR) durante 3 y 5 meses. Los análisis de los frutos se realizaron en cada fecha de muestreo en campo, y después de cada período de almacenamiento (tras 1, 5 y 10 días a 20 °C).

En campo, se observó un incremento de la mayoría de ésteres y del 2-metil-1-butanol. La firmeza y acidez de los frutos se mantuvieron constantes, mientras que el contenido de sólidos solubles y el parámetro a*+b* (color de fondo) aumentaron. Después de 5 meses de almacenamiento en ULO, las manzanas presentaron una mayor producción aromática tras 1 día a 20 °C; los frutos cosechados a los 195 DDPF presentaron mayores concentraciones en aromas. Además, durante el almacenamiento, las manzanas presentaron una buena retención de la calidad físico-química (en frutos cosechados a los 185 DDPF), si bien se observaron ligeras pérdidas de firmeza y acidez durante el período de permanencia a 20 °C posterior a los 5 meses de almacenamiento; el color de las manzanas se vió también influenciado por dicho período a 20 °C.

Palabras clave: Fruto, Conservación frigorífica, Volátiles, Madurez, Atmósfera ULO.

SUMMARY

AROMA COMPOUNDS AND QUALITY OF 'FUJI' APPLES DURING TREE-MATURATION AND POSTERIOR COLD-STORAGE

In this work, we studied aroma compounds and quality of 'Fuji' (Nagafu 6) apples during their tree-maturation and along storage period. During pre-harvest period, fruit samples were picked at 6 dates. Apple samples were harvested at 185 and 195 days after full bloom (DAFB) and stored in ULO atmosphere (1.1% O_2 + 0.9% CO_2, 1 °C, 92% RH) during 3 and 5 months. Fruit analyses were carried out at each tree sampling date and after each storage period (after 1, 5 and 10 days at 20°C).

During tree-maturation of fruit, we observed an increase of most of esters and 2-methyl-1-butanol. Fruit firmness and acidity remained constant, whereas SS and a*+b* (background colour) increased along maturation of the apples. The highest aroma production was obtained after 5 months storage and 1 day of ripening at 20 °C. Fruits har-

vested at 195 DAFB showed more aroma concentration than fruits harvested at 185 DAFB. During storage, apples had a good retention of quality parameters (in fruits harvested at 185 DAFB); hovewer, these fruits lost firmness and acidity during shelf-life period after 5 months of storage; apple colour was also influenced by shelf-life period.

Key words: Fruit, Cold storage, Volatile, Maturity, ULO atmosphere.

Introducción

'Fuji' es una variedad bicolor de manzana que en el curso de los últimos años está adquiriendo una importancia creciente en las principales zonas mundiales de producción frutícola (YOSHIDA *et al.*, 1995; CRISTOPH, 2000). En Lleida, las primeras plantaciones de 'Fuji' se establecieron en el año 1995, habiendo tenido lugar en los últimos años una cierta expansión de las mismas. Este interés por la variedad 'Fuji' se debe a sus adecuadas características productivas, buena conservación y excelente calidad organoléptica. Esta calidad viene determinada por una consistente firmeza, elevado contenido de azúcares, baja acidez, buena jugosidad y elevado contenido en aroma (CRISTOPH, 2000).

El aroma del fruto está influenciado, además de por la variedad, por distintos factores precosecha (zona de cultivo, estado de madurez del fruto...) y postcosecha (período y atmósfera de almacenamiento, período de permanencia a 20 °C...). Así, en manzanas 'Fuji' los ésteres ramificados son los compuestos volátiles más importantes, aumentando su concentración a lo largo de la maduración en campo (FELLMAN *et al.*, 2000). También se sabe que el período y tipo de atmósfera de almacenamiento influyen en la producción de aromas en diversas variedades de manzana: 'Pacific Rose' (TOUGH y HEWETT, 2001), 'Law Rome' (FELLMAN *et al.*, 1993) y 'Starking Delicious' (LÓPEZ *et al.*, 1998a). En el caso de la variedad 'Fuji' hay pocos estudios que relacionen el tipo y período de almacenamiento con la producción de aromas por parte de los frutos.

En general, se recomienda una atmósfera controlada de 1-2,5% de O_2 y de 0,7-2% de CO_2 para la conservación de las manzanas 'Fuji' (MEHERIUK, 1993). Actualmente, se están aplicando, cada vez más, atmósferas con niveles próximos al 1% de O_2 (atmósfera "ultra low oxygen", ULO); la concentración de CO_2 en dichos regímenes gaseosos ha de ajustarse a los valores tolerados por cada variedad. Los principales beneficios derivados de dichas técnicas se concretan, en general, en una mejor retención de la calidad y en un buen control de las alteraciones del fruto a lo largo del almacenamiento (BRACKMANN *et al.*, 1994; GRAELL *et al.*, 1997); sin embargo, algunos estudios han demostrado que dichos niveles bajos de O_2 pueden afectar negativamente a la producción de compuestos aromáticos en el fruto y, por consiguiente, a su calidad organoléptica (STREIF y BANGERTH, 1988; LÓPEZ *et al.*, 1998a; LÓPEZ *et al.*, 2000). De todas maneras, la respuesta del fruto depende también del nivel de CO_2 utilizado en la atmósfera de almacenamiento (STREIF y BANGERTH, 1988); en el caso de la manzana 'Fuji' se suelen recomendar niveles de CO_2 alrededor del 1%, para evitar daños en el fruto provocados por este componente gaseoso (MASSERON *et al.*, 1995).

A pesar del indudable interés de la manzana 'Fuji' para incrementar la diversidad

varietal en el sector, en España se dispone de escasa información acerca de la calidad y del comportamiento en frigoconservación de la misma. Por ello, el objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de la producción de compuestos aromáticos y de otros parámetros fisicoquímicos de calidad del fruto durante su maduración en campo y tras 3 y 5 meses de conservación en atmósfera controlada con muy bajo oxígeno (ULO) seguidos de un período posterior de 1, 5 y 10 días a 20 °C (período "shelf-life").

Material y métodos

Material vegetal. Se utilizaron frutos recolectados a partir de manzanos (*Malus domestica* Borkh) 'Fuji' (Nagafu-6), de 5 años de edad, plantados sobre patrón M-9 EMLA y situados en una finca comercial de Lleida.

Diseño experimental. Durante el período precosecha (a lo largo de un mes), se realizaron 6 muestreos de frutos en árbol. Dentro de estos muestreos, se incluían además dos cosechas: a los 185 (C1, 11 de octubre) y 195 (C2, 21 de octubre) días después de plena floración (DDPF). Las muestras de frutos correspondientes a las dos cosechas C1 y C2 se almacenaron en cámara frigorífica ULO (1,1% O_2 + 0,9% CO_2, 1 °C, 92% HR) para su posterior estudio en condiciones de frigoconservación. Durante el seguimiento en campo y para cada fecha de muestreo, se tomaron 8 kg de manzanas (2 kg x 4 repeticiones) para analizar los compuestos aromáticos, y muestras de 20 frutos para la determinación de los demás parámetros fisico-químicos de calidad. En las dos cosechas C1 y C2, los frutos se analizaban a las 24 horas de su recolección, y, también, después de 5 y 10 días a 20 °C. Inmediatamente después de las 2 cosechas, se tomaron lotes de 90 kg de manzanas por cada fecha (seleccionando los frutos por su uniformidad y aspecto) y se conservaron en atmósfera ULO. Después de 3 y 5 meses de almacenamiento, se extrajeron muestras de frutos de la cámara y se procedió a su análisis (tras 1, 5 y 10 días a 20 °C). Para determinar los compuestos aromáticos volátiles se utilizaron 4 repeticiones de 2 kg de manzanas, y para los demás parámetros de calidad se utilizaron 20 manzanas (en cada uno de los períodos de permanencia a 20 °C señalados).

Análisis de los compuestos aromáticos. La extracción de los aromas se realizó a partir de frutos intactos mediante el método de espacio de cabeza dinámico, utilizándose nitrógeno para el arrastre de los compuestos volátiles y posterior retención de los mismos en una fase sólida Tenax (LÓPEZ *et al.*, 1998b). La identificación y cuantificación de los compuestos se realizó mediante un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 equipado con detector de ionización de llama y utilizando una columna capilar "cross-linked" FFAP (50 m x 0,2 mm (d.i.) x 0,33 μm). El gas portador utilizado fue nitrógeno con un flujo de 0,8 ml/min y con una relación de "split" de 1:40. Los análisis se llevaron a cabo con la siguiente programación de temperaturas: 70 °C durante 1 min, de 70 °C a 142 °C a 3 °C/min y de 142 °C a 225 °C a 5 °C/min, permaneciendo 10 min a 225 °C.

La confirmación de los diferentes compuestos aromáticos se realizó mediante acoplamiento cromatografía de gases-espectrometría de masas (equipo Hewlett-Packard 5890). El espectro de masas se obtuvo por ionización con impacto de electrones a 70eV utilizando helio (con un flujo de 0,6 ml/min) como gas portador en modo "splitless", y con una programación de temperaturas de 40 °C durante 15 min, de 40 °C a 210 °C a razón de 5 °C/min, y 15 min a 210 °C. Los datos espectrales fueron compara-

dos con los originales registrados en la librería NIST HP59943C.

Determinación de los parámetros de calidad. En los frutos se midió el peso (con balanza de precisión 0,01 g) y el calibre medio (con pie de rey), expresándose los resultados en g y mm, respectivamente. El color de fondo y el superficial de la epidermis del fruto se determinaron (en la cara verde y en la cara roja, respectivamente) mediante un colorímetro triestímulo Minolta CR-200 (Minolta, Osaka, Japón), con iluminante D_{65} y un ángulo de observación de 10°, expresándose los resultados en forma de parámetro a*+b* y tono (arctg b*/a*). La firmeza de pulpa se midió en cada fruto, en dos puntos opuestos de su zona ecuatorial, mediante un penetrómetro Effegi (Milán, Italia) con punzón de 11 mm, expresándose los resultados en kg. El contenido de sólidos solubles (SS) y la acidez titulable (AT) se analizaron a partir del zumo de cada fruto. El contenido de SS fue determinado usando un refractómetro digital Atago (Atago Co., Tokio, Japón) expresándose el valor en °Brix, y la AT se analizó valorando 10 ml de zumo con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1, expresándose los resultados en g de ácido málico /l.

Tratamiento Estadístico. Los resultados experimentales fueron tratados mediante análisis de la varianza (GLM) y la separación de los valores medios se llevó a cabo con el test de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico Statistical Analyses System (SAS INSTITUTE, 1988).

Resultados y discusión

Evolución en campo

Del estudio de la evolución de los compuestos volátiles emitidos por manzanas 'Fuji' se ha obtenido que el acetato de hexilo y el propionato de butilo experimentaron un aumento durante la maduración de los frutos (figura 1). El acetato de 2-metilbutilo fue el éster predominante y experimentó un aumento hasta el día de la primera cosecha (C1, 11 octubre), momento a partir del cual siguió una producción constante; por lo tanto, este compuesto puede ser útil para señalar el inicio del período de recolección en esta variedad. Este efecto favorable de los días de maduración en campo sobre la producción de compuestos volátiles del tipo acetato también fue observado por FELLMAN *et al.* (2000) en esta misma variedad de manzana. El segundo compuesto en importancia cuantitativa fue el 2-metilbutirato de etilo, alcanzando su máxima producción el día 19 de octubre, unos 8 días después de la fecha C1. Este compuesto es interesante para la calidad organoléptica del fruto puesto que es el que más contribuye al sabor de la manzana 'Fuji' entre todos los compuestos detectados, dado que presenta un bajo umbral de detección olfativa (0,006 µg/l) (TAKEOKA *et al.*, 1992), comunicándole una sensación dulce-afrutada a la percepción sensorial de las manzanas. Respecto a la evolución de los alcoholes (figura 2), el 2-metil-1-butanol también aumentó a lo largo de la permanencia del fruto en el árbol; en cambio, el etanol aumentó hasta el día 11 de octubre (C1), fecha a partir de la cual disminuyó.

En la figura 3 se representa la evolución de la firmeza, la AT y el contenido de SS en los frutos. Se observa que los valores de firmeza y AT no experimentaron grandes variaciones a lo largo de la permanencia de la manzana en árbol, lo que indica que los mismos son de pequeña utilidad como índices de recolección. Sin embargo, estos parámetros son útiles como indicadores de la calidad gustativa del fruto. Algunos autores recomiendan utilizar el índice de almidón

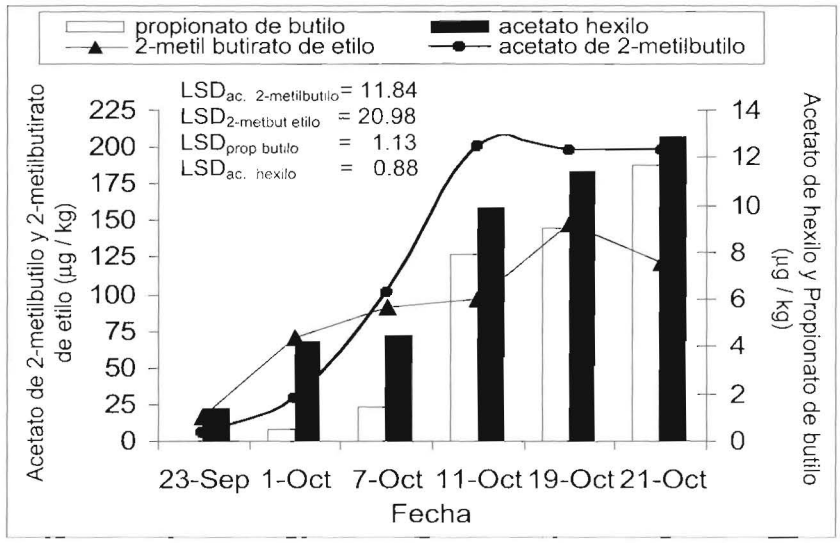


Figura 1. Evolución de los principales compuestos volátiles tipo éster emitidos por manzanas 'Fuji' durante su maduración en campo. Los días 11 y 21 de octubre corresponden a las dos fechas de cosecha.
Figure 1. Emission of main volatile esters in 'Fuji' apples during their tree-maturation. Apples were harvested in two dates (11th and 21st october).

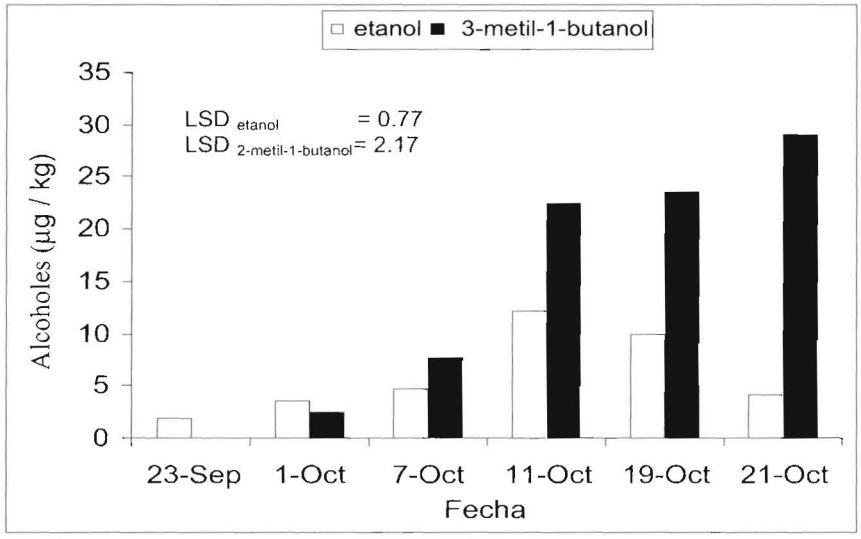


Figura 2. Evolución de etanol y de 2-metil-1-butanol emitidos por manzanas 'Fuji' durante su maduración en campo. Los días 11 y 21 de octubre corresponden a las dos fechas de cosecha.
Figure 2. Evolution of emitted ethanol and 2-methyl-1-butanol in 'Fuji' apples during their tree-maturation. Apples were harvested in 11th and 21st October.

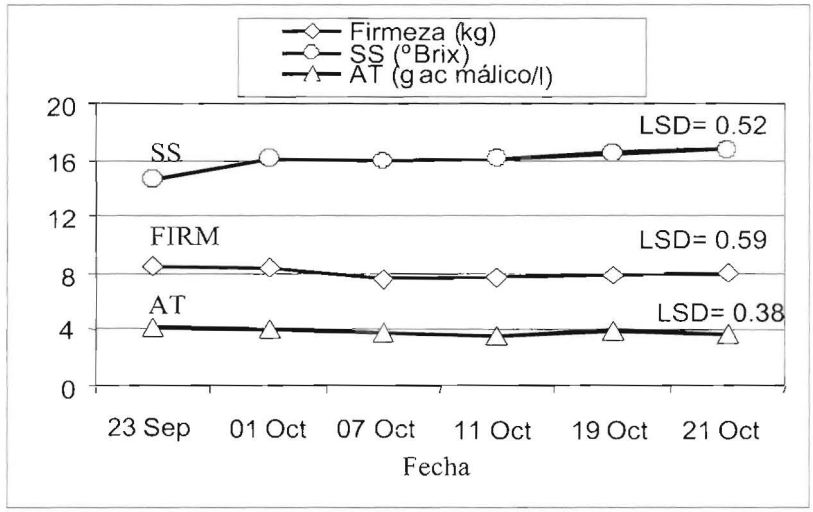


Figura 3. Evolución de la firmeza (FIRM), contenido de sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT) de manzanas 'Fuji' durante su maduración en campo. Los días 11 y 21 de octubre corresponden a las dos fechas de cosecha.

Figure 3. Evolution of firmness (FIRM), soluble solids content (SS) and titratable acidity (AT) of 'Fuji' apples during their tree-maturation. Apples were harvested in 11th and 21st October.

(no medido en el presente estudio) o la presencia de vitrescencia ("watercore") para estimar la fecha óptima de recolección en la variedad 'Fuji' (MASSERON *et al.*, 1995). En nuestro caso, no se ha observado presencia de vitrescencia en ningún fruto; en cambio, se ha citado elevada presencia de esta alteración en manzanas 'Fuji' cultivadas en zonas donde el período precosecha se caracteriza por una climatología más fresca que en el caso de Lleida, como en ciertas regiones de Nueva Zelanda (HARKER *et al.*, 1999). Los valores de firmeza se mantuvieron cerca de 8 kg en el momento de las dos cosechas realizadas (11 y 21 de octubre), valor recomendado para obtener una buena conservación frigorífica de 'Fuji' (TRILLOT y MASSERON, 1995). Los niveles de AT se mantuvieron alrededor de 4 g/l en el intervalo entre las dos fechas de cosecha; este valor es adecuado para la recolección y, además, es importante para conseguir equilibrar el excesivo contenido de azúcares presente en dicha variedad, que podría dar lugar a un excesivo sabor dulce del fruto. Por otra parte, el contenido de SS aumentó a medida que avanzaba la maduración de los frutos, dentro de un intervalo entre 15,2 y 17,1 °Brix, valores que son responsables del marcado sabor dulce de 'Fuji', y que son claramente más elevados que los de las variedades del grupo 'Golden' y del grupo 'Delicious' (GRAELL y ALONSO, 1988; GRAELL *et al.*, 1997).

En cuanto al color de la manzana 'Fuji' cabe diferenciar entre el denominado color de fondo (estimado mediante el parámetro a*+b*, en la cara verde del fruto) y el color superficial (estimado con el parámetro denominado tono, en la cara roja). En la Figura 4 se aprecia un claro cambio del color de fondo desde tonalidades verdes hasta amarillentas (valores a*+b* más altos) a lo largo

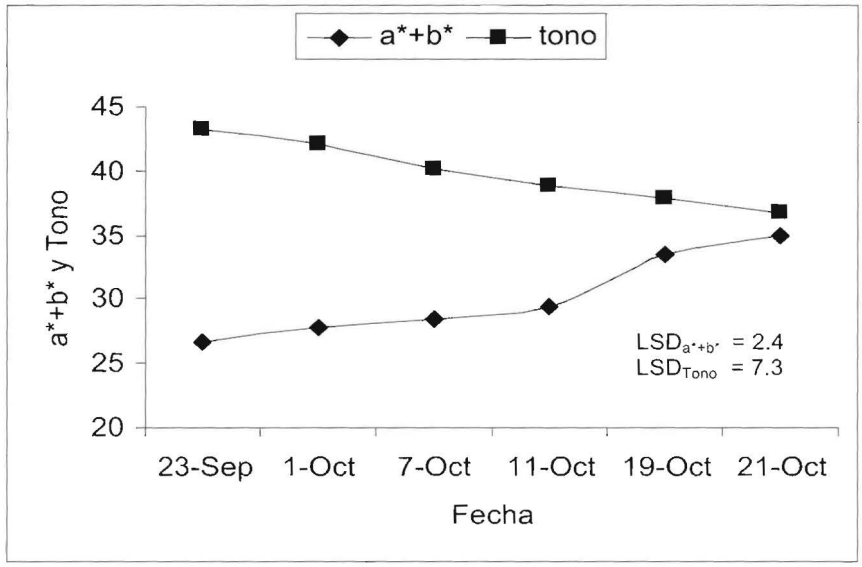


Figura 4. Evolución del color de fondo (a*+b*) y del color superficial (tono) en manzanas 'Fuji' durante su maduración en campo. Los días 11 y 21 de octubre corresponden a las dos fechas de cosecha.
Figure 4. Evolution of background and superficial color in 'Fuji' apples during their tree-maturation. Harvest dates in 11th and 21st October.

de la maduración del fruto. WATKINS *et al.* (1993) recomiendan este parámetro como buen indicador de la madurez de recolección en manzanas 'Fuji'. En cambio, el tono es más bien un índice de calidad más que de madurez; este parámetro se mantuvo casi constante a lo largo de la permanencia del fruto en árbol, presentando una ligera disminución hacia las últimas fechas de muestreo (lo que indica una mayor coloración roja en la cara expuesta del fruto). La coloración superficial de estas manzanas 'Fuji' resultó ser insuficiente para las exigencias del mercado. Ello podría deberse a las condiciones ambientales reinantes en precosecha (con poco contraste térmico entre el día y la noche), las cuales dificultaron la consecución de una buena coloración, tal como han demostrado IGLESIAS *et al.* (2000) en otras variedades de manzana.

Evolución en cámara frigorífica ULO

Tras 5 meses de almacenamiento en condiciones de ULO y tras 1 día de permanencia a 20 °C (cuadro 1), los aromas totales producidos por los frutos alcanzaron concentraciones de 467,2 y 479,2 mg/kg mientras que los del momento de cosecha fueron de 366,2 y 441,8 mg/kg para las manzanas recolectadas el 11 de octubre (C1) y el 21 de octubre (C2), respectivamente. En estas condiciones no se producía una reducción de los aromas totales emitidos por las manzanas 'Fuji' como sucedió en manzanas 'Pacific Rose' conservadas en una atmósfera de 1,5% O_2 + 1,3% CO_2 tras 1, 2, 4 y 6 meses de almacenamiento (TOUGH y HEWETT, 2001). Por otra parte, la producción total de aromas disminuyó a lo largo del período "shelf-life", resultado similar al obtenido por SEONG-JIN

Cuadro 1. Compuestos volátiles aromáticos (μg/kg) en manzanas 'Fuji' conservadas en ULO durante 5 meses

Table 1. Aroma volatile compounds (μg/kg) of 'Fuji' apples in ULO atmosphere for 5 months

Compuesto	Fechas de recolección	Período a 20 °C después de conservación 1 día	5 días	10 días
Acetato de metilo	11-Oct	0,9 ± 0,1 aC	1,5 ± 0,1 bB	2,5 ± 0,2 bA
	21-Oct	0,9 ± 0,1 aC	2,3 ± 0,4 aB	3,8 ± 0,4 aA
Acetato de etilo	11-Oct	4,6 ± 0,6 aC	6,1 ± 0,6 bB	9,0 ± 0,5 bA
	21-Oct	3,3 ± 0,2 bC	8,2 ± 0,6 aB	11,8 ± 1,7 aA
Etanol	11-Oct	2,6 ± 0,4 bC	7,1 ± 0,4 bA	3,9 ± 0,8 bB
	21-Oct	10,8 ± 3,1 aB	12,1 ± 1,5 aA	9,5 ± 1,0 aC
Propanoato de t-butilo	11-Oct	0,6 ± 0,0 aB	0,7 ± 0,1 bB	1,5 ± 0,3 aA
	21-Oct	0,7 ± 0,1 aC	1,1 ± 0,3 aB	1,3 ± 0,2 bA
Acetato de propilo	11-Oct	Trazas bC	1,4 ± 0,1 aA	1,0 ± 0,1 bB
	21-Oct	0,6 ± 0,1aB	1,5 ± 0,3 aA	1,5 ± 0,3 aA
Acetato de 2-metilpropilo	11-Oct	2,0 ± 0,1 bB	2,4 ± 0,4 aA	1,7 ± 0,3 aC
	21-Oct	2,4 ± 0,4 aA	2,3 ± 0,4 aA	1,8 ± 0,4 aB
1-propanol	11-Oct	21,8 ± 1,7 bA	7,9 ± 0,6 aB	2,7 ± 0,3 aC
	21-Oct	30,9 ± 6,0 aA	6,5 ± 0,9 aB	1,9 ± 0,3 aC
Butanoato de etilo	11-Oct	1,3 ± 0,2 bB	1,9 ± 0,2 bA	1,0 ± 0,0 bC
	21-Oct	2,2 ± 0,5 aB	2,8 ± 0,3 aA	1,8 ± 0,0 aC
2-metilbutanoato de etilo	11-Oct	91,5 ± 10,2 bA	38,9 ± 8,9 bC	79,4 ± 9,2 bB
	21-Oct	141,4 ± 19,6 aA	95,2 ± 11,0 aB	91,0 ± 3,5 aB
Acetato de butilo	11-Oct	8,5 ± 0,9 bA	6,2 ± 0,6 bB	2,0 ± 0,2 bC
	21-Oct	16,0 ± 0,4 aA	9,3 ± 0,6 aB	5,3 ± 0,6 aC
2-metil-1-propanol + Propionato 2-metilpropilo	11-Oct	Trazas bC	0,7 ± 0,0 aA	0,5 ± 0,0 aB
	21-Oct	0,5 ± 0,1 aA	0,5 ± 0,1 bA	Trazas bB
Hexanal	11-Oct	0,5 ± 0,0 aA	Trazas aB	Trazas bB
	21-Oct	0,6 ± 0,1 bB	Trazas aC	0,7 ± 0,0 aA
Acetato de 2-metilbutilo	11-Oct	213,3 ± 15,2 aA	141,1 ± 9,8 bB	108,3 ± 14,3 bC
	21-Oct	166 ± 16,4 bA	156,7 ± 7,8 aB	115,9 ± 4,9 aC
1-butanol	11-Oct	2,8 ± 0,2 bA	1,4 ± 0,2 bB	1,2 ± 0,2 aB
	21-Oct	3,8 ± 0,6 aA	2,1 ± 0,7 aB	1,4 ± 0,4 aC
Propionato de Butilo	11-Oct	3,6 ± 0,1 bA	2,4 ± 0,3 bB	1,2 ± 0,0 bC
	21-Oct	5,9 ± 0,6 aA	3,2 ± 0,0 aB	1,9 ± 0,1 aC
4-metil-2-pentanol	11-Oct	1,0 ± 0,1 aA	0,7 ± 0,1 bB	0,7 ± 0,1 aB
	21-Oct	0,6 ± 0,2 bC	0,9 ± 0,2 aA	0,7 ± 0,0 aB
Acetato pentilo	11-Oct	3,1 ± 0,3 aA	1,8 ± 0,2 aB	1,0 ± 0,1 bC
	21-Oct	3,4 ± 0,3 aA	1,9 ± 0,3 aB	1,7 ± 0,2 aC
Propanoato 2-metilbutilo	11-Oct	1,3 ± 0,1 bB	1,6 ± 0,3 aA	1,5 ± 0,1 aA
	21-Oct	1,5 ± 0,1 aA	1,6 ± 0,2 aA	1,3 ± 0,2 bB
2-metil-1-butanol	11-Oct	5,1 ± 0,3 bC	8,3 ± 0,1 aA	5,8 ± 0,4 aB
	21-Oct	7,3 ± 0,7 aA	5,7 ± 0,3 bB	2,9 ± 0,5 bC
D-limoneno	11-Oct	5,9 ± 0,2 bB	5,8 ± 0,8 aB	9,5 ± 0,4 bA
	21-Oct	6,8 ± 0,1 aB	5,4 ± 0,3 bC	10,0 ± 0,9 aA

Cuadro 1 (continuación)

Butirato de butilo	11-Oct	3,0 ± 0,2 bA	1,2 ± 0,1 aB	0,8 ± 0,0 bC
	21-Oct	3,2 ± 0,2 aA	1,3 ± 0,1 aB	1,4 ± 0,1 aB
2-metilbutanoato de butilo	11-Oct	2,4 ± 0,2 aA	1,9 ± 0,1 aB	1,2 ± 0,1 bC
	21-Oct	2,3 ± 0,4 aA	1,5 ± 0,3 bB	1,5 ± 0,6 aB
Hexanoato de etilo	11-Oct	2,0 ± 0,1 aA	1,2 ± 0,1 bB	1,1 ± 0,1 bB
	21-Oct	2,0 ± 0,2 aA	1,4 ± 0,1 aB	1,5 ± 0,3 aB
Pentanol	11-Oct	Trazas	Trazas	Trazas
	21-Oct	Trazas	Trazas	Trazas
Acetato de hexilo	11-Oct	51,5 ± 9,9 aA	16,0 ± 0,5 bB	12,5 ± 2,0 aB
	21-Oct	41,5 ± 8,4 bA	20,3 ± 2,4 aB	12,1 ± 0,6 aC
Propanoato de hexilo	11-Oct	9,8 ± 1,4 aA	2,5 ± 0,3 bB	2,0 ± 0,2 bC
	21-Oct	7,1 ± 0,8 bA	3,1 ± 0,2 aB	3,0 ± 0,3 aB
1-hexanol	11-Oct	2,6 ± 0,4 bA	1,4 ± 0,1 bB	0,8 ± 0,2 bC
	21-Oct	4,8 ± 0,3 aA	1,9 ± 0,4 aB	1,0 ± 0,1 aC
E-2-hexenol	11-Oct	N,D	Trazas	0,7 ± 0,0 aA
	21-Oct	N,D	Trazas	0,5 ± 0,0 bA
Hexanoato de butilo	11-Oct	3,0 ± 0,4 aA	2,1 ± 0,3 bB	1,8 ± 0,1 aC
	21-Oct	2,1 ± 0,2 bB	2,4 ± 0,3 aA	1,7 ± 0,1 aC
Butanoato de hexilo	11-Oct	9,0 ± 0,5 aA	2,8 ± 0,2 aB	2,1 ± 0,1 aC
	21-Oct	4,6 ± 0,5 bA	2,6 ± 0,2 aB	1,9 ± 0,2 aC
2-metilbutanoato de hexilo	11-Oct	12,5 ± 1,4 aA	6,6 ± 0,3 aB	4,8 ± 0,2 aC
	21-Oct	5,5 ± 0,8 bA	5,2 ± 0,2 bA	3,4 ± 0,3 bB

Medias dentro de un mismo período a 20 °C seguidos por la misma letra minúscula y medias dentro de una misma cosecha seguidos por la misma letra mayúscula no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$, test LSD). Los compuestos cuya cantidad < 0,5 µg/kg estan indicados como trazas; los no detectados como N,D.

Means within the same shelf-life followed by the same small letters and means within the same harvest date followed by the same capital letters are not significantly different at $p \leq 0,05$ (LSD Tukey's test). The compounds which amount < 0,5 µg/kg are indicated as trace; N,D, means not detectable.

y JEE UN (1999) para frutos de la variedad 'Fuji' almacenados en atmósfera controlada con 1% O_2 y analizados inmediatamente después de la salida de cámara y 4 días a 20 °C. Posiblemente, esta disminución de los aromas totales a lo largo del período "shelf-life" se pueda atribuir al hecho constatado por diversos investigadores (AMPUN y HEWETT, 1997; SEONG-JIN y JEE UN, 1999; TOUGH y HEWETT, 2001) de que, en condiciones de atmósfera controlada, se produce una disminución de los ácidos grasos y, por tanto, de los compuestos aromáticos producidos a partir de la β-oxidación de los mismos, como es el caso del acetato de 2-metilbutilo (que en esta variedad es el componente mayoritario). También se puede observar que tras 5 y 10 días a 20 °C, las manzanas recolectadas más tardíamente (C2, 21 octubre) emitieron mayor cantidad de aromas que las recolectadas más tempranamente (C1, 11 octubre).

El efecto del período "shelf-life" sobre la producción de aromas es diferente dependiendo del compuesto aromático específico

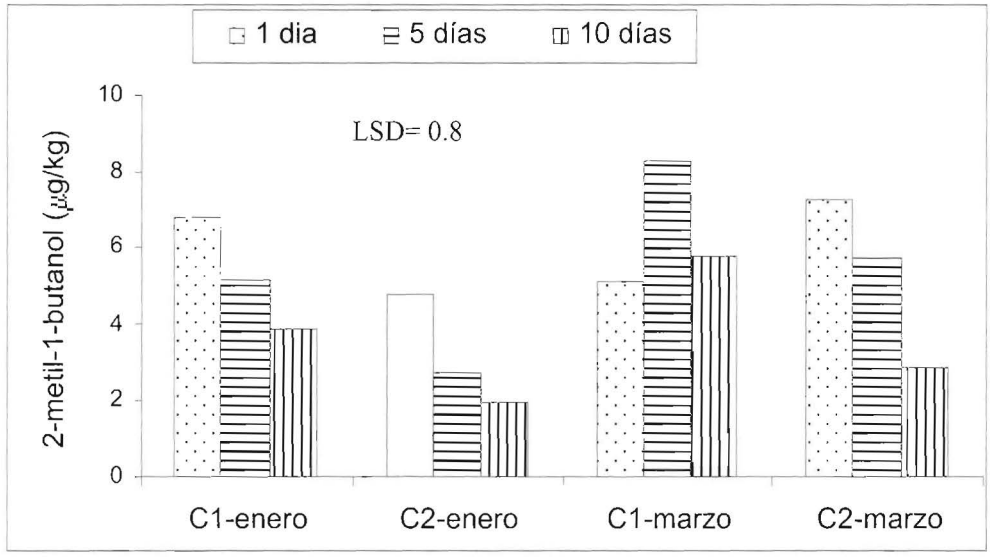


Figura 5. Producción de 2-metil-1-butanol en manzanas 'Fuji' recolectadas en dos fechas (C1 y C2) y almacenadas durante 3 (enero) y 5 meses (marzo) en atmósfera ULO más 1, 5 y 10 días a 20ºC.
Figure 5. Emission of 2-methyl-1-butanol in 'Fuji' apples harvested at 2 dates and stored during 3 (January) and 5 (March) months in ULO plus 1, 5 and 10 days at 20 ºC.

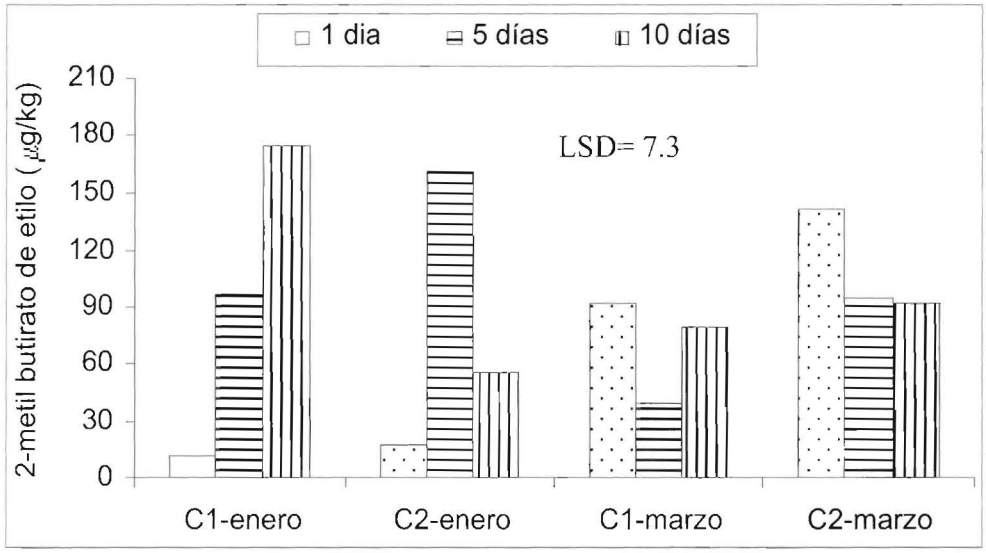


Figura 6. Producción de 2-metilbutirato de etilo en manzanas 'Fuji' recolectadas en dos fechas (C1 y C2) y almacenadas durante 3 (enero) y 5 meses (marzo) en atmósfera ULO más 1, 5 y 10 días a 20ºC.
Figure 6. Emission of ethyl 2-methylbutirate in 'Fuji' apples harvested at 2 dates and stored during 3 (January) and 5 (March) months in ULO plus 1, 5 and 10 days at 20 ºC.

y del período de frigoconservación. En las figuras 5 y 6 se presenta la producción del 2-metil-1-butanol y del 2-metilbutirato de etilo, respectivamente. El primero es el alcohol mayoritario (cuadro 1) y el segundo es el compuesto orgánico que más contribuye al sabor de las manzanas 'Fuji', dado que es el segundo en importancia cuantitativa y posee un bajo umbral de percepción olfativa (tal como se ha comentado anteriormente).

Así, con relación al 2-metil-1-butanol, los frutos correspondientes a las cosechas C1 y C2 mostraron un descenso en la producción de dichos aromas a lo largo de su permanencia a 20 °C (tras 3 meses de almacenamiento); en cambio, tras 5 meses de almacenamiento, los frutos cosechados en la fecha C1 presentaron un máximo de producción después de 5 días a 20 °C (figura 5). Por otra parte, la producción de 2-metilbutirato de etilo era mayor después de 5 y 10 días a 20 °C (tras 3 meses de almacenamiento) en comparación con los valores presentes después de 1 día a 20 °C, obteniéndose la máxima concentración a los 10 días para las manzanas cosechadas en C1, y a los 5 días para las manzanas cosechadas en C2 (figura 6). Las mayores concentraciones de 2-metilbutirato de etilo se alcanzaron tras 1 día a 20 °C después de 5 meses de almacenamiento, tanto para los frutos procedentes de la cosecha C1 como los de la cosecha C2.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos de calidad, el período de almacenamiento frigorífico y el período de permanencia a 20 °C inducen cambios en la evolución de los mismos. Así, para los frutos recolectados más precozmente (C1), el período de frigoconservación provocó un ligero descenso en los niveles de AT que presentaban las manzanas 'Fuji' a la salida de cámara, en comparación con los valores en la cosecha (figura 7); esto supone unas pérdidas del 15% y del 22%, a los 3 y 5 meses de almacena-

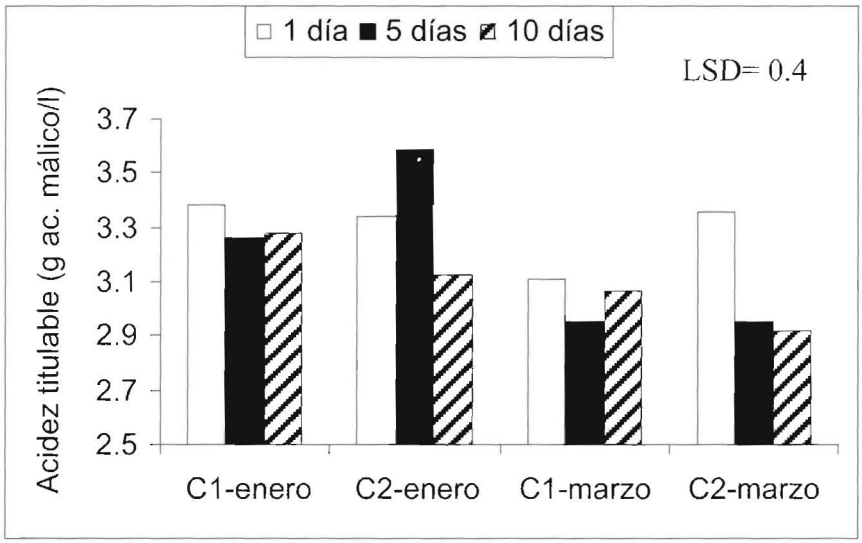


Figura 7. Acidez titulable de manzanas 'Fuji' recolectadas en dos fechas (C1 y C2) y almacenadas durante 3 (enero) y 5 meses (marzo) en atmósfera ULO más 1, 5 y 10 días a 20°C.

Figure 7. Titratable acidity of 'Fuji' apples harvested at 2 dates and stored during 3 (January) and 5 (March) months in ULO plus 1, 5 and 10 days at 20 °C.

miento respecto al valor de la acidez de los frutos en el momento de la cosecha; de todas maneras, la AT de estos frutos, tras 5 meses de almacenamiento en cámara frigorífica, se mantuvo en niveles superiores a 3 g/l, que son adecuados para una óptima calidad gustativa de 'Fuji'. En otros estudios nuestros (ECHEVERRÍA *et al.*, 2002), la prolongación del almacenamiento hasta 7 meses provocaba un descenso acusado de esta acidez (incluso se llegó a valores de 1-1,5 g/l). Los frutos recolectados más tardíamente (C2) presentaban una caída de AT a lo largo del almacenamiento respecto a la cosecha, pero las diferencias entre los 3 y 5 meses de almacenamiento no eran significativas, a diferencia de los frutos correspondientes a la fecha de cosecha C1. Por otra parte, durante el período de maduración a 20 °C tras la salida de cámara, se producía un descenso de los niveles de acidez, si bien éstos se mantenían por encima de 3 g/l.

Respecto al contenido de SS, todas las muestras presentaron niveles entre 16 y 17 °Brix, tanto a la salida de cámara, como durante el período de permanencia a 20 °C, no habiendo diferencias significativas provocadas por la fecha de cosecha, el período de almacenamiento ó el período de permanencia a 20 °C (datos no mostrados).

Los frutos que presentaban una mejor retención de firmeza tras 3 meses de almacenamiento fueron los recolectados en C1, tanto en el momento de salida de cámara como después de 5 y 10 días a 20 °C (figura 8); en cambio, tras 5 meses de almacenamiento, estos mismos frutos sufrían una clara pérdida de firmeza a lo largo de 5 y 10

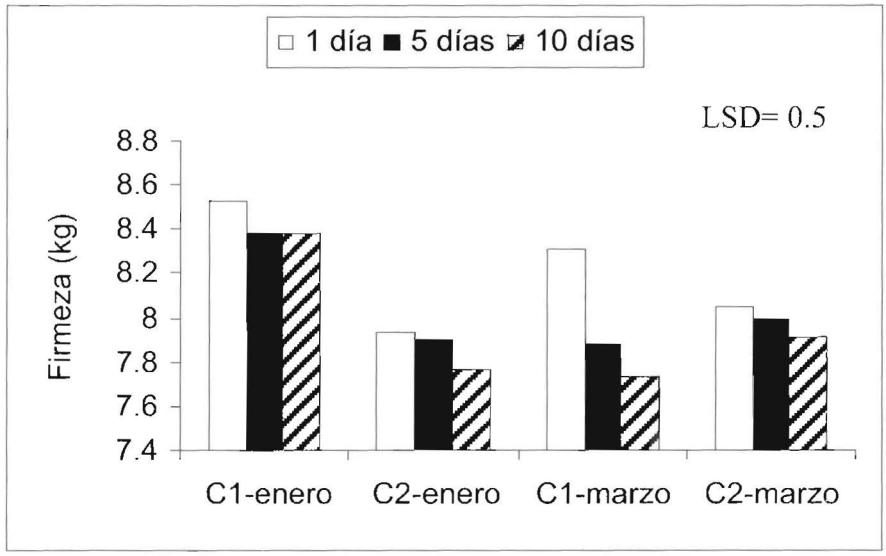


Figura 8. Firmeza de manzanas 'Fuji' recolectadas en dos fechas (C1 y C2) y almacenadas durante 3 (enero) y 5 meses (marzo) en atmósfera ULO más 1, 5 y 10 días a 20°C.

Figure 8. Firmness of 'Fuji' apples harvested at 2 dates and stored during 3 (January) and 5 (March) months in ULO plus 1, 5 and 10 days at 20 °C.

días a 20 °C. En cualquier caso, los valores de firmeza eran siempre superiores a 7,7 kg; puede pensarse que estos altos valores de firmeza explicarían, en parte, la típica crocanticidad de la pulpa en las manzanas 'Fuji'.

Con relación al color de fondo de la epidermis (figura 9), hubo una clara influencia del período de permanencia durante 10 días a 20 °C en los niveles que presenta este atributo, lo que se traduce en un ligero aumento

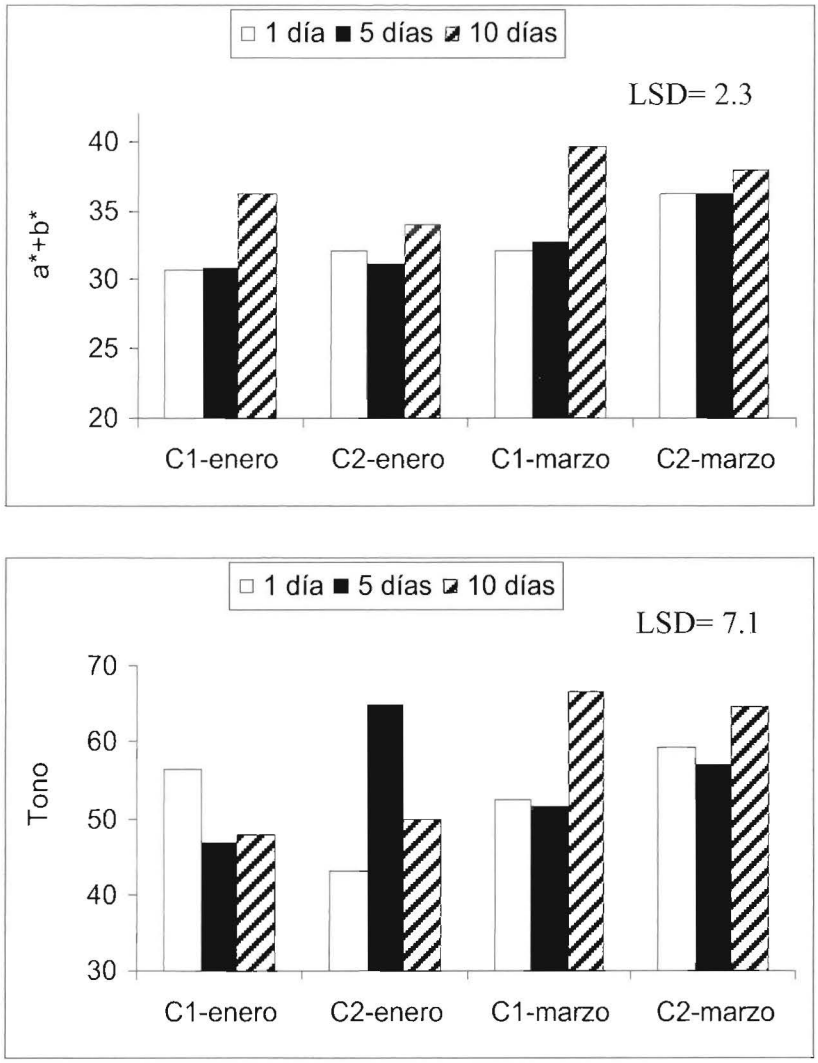


Figura 9. Color de fondo (a*+b*) y color superficial (tono) de manzanas 'Fuji' recolectadas en dos fechas (C1 y C2) y almacenadas durante 3 (enero) y 5 meses (marzo) en atmósfera ULO más 1, 5 y 10 días a 20°C.

Figure 9. Background and superficial color of 'Fuji' apples harvested at 2 dates and stored during 3 (January) and 5 (March) months in ULO plus 1, 5 and 10 days at 20 °C.

del parámetro a*+b* (color más amarillo en la cara verde) a lo largo del tiempo de "shelf-life", indicando que el fruto ha evolucionado hacia estados de madurez más avanzados. Igualmente, la intensidad de coloración roja de la cara expuesta aumentó a lo largo de dicho período "shelf-life", puesto que se observó un descenso del tono en esta cara, contribuyendo ello a que estas manzanas tengan un aspecto externo más atractivo en el momento de llegar al consumidor.

Finalmente, cabe señalar que apenas se observaron síntomas de daños causados por bajo O_2 y/o alto CO_2 en forma de pardeamientos o cavidades en la pulpa de las manzanas, tanto en el momento inmediato de salida de cámara como después de la permanencia a 20 °C. Este es un resultado muy interesante, puesto que indica la posibilidad práctica de almacenar y comercializar estas manzanas 'Fuji' sin apenas pérdidas (de cantidad y de calidad de producto) debidas a este tipo de daños. En cambio, estos daños son frecuentes en manzanas 'Fuji' cultivadas en otras zonas de clima fresco durante el período precosecha y/o en el caso de aplicar períodos de almacenamiento más largos y atmósferas con niveles de CO_2 superiores al 1% (FAN *et al.*, 1997).

De los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos concluir, en primer lugar, que el color de fondo y la concentración en acetato de 2-metilbutilo (compuesto que supone el 50% de la concentración total en aromas) son dos parámetros no destructivos que pueden ser buenos indicadores de la madurez de las manzanas 'Fuji' en campo. En segundo lugar, la conservación en atmósfera ULO hasta los 5 meses y 1 día de permanencia a 20 °C permite mantener muy bien la calidad organoléptica de las manzanas 'Fuji'.

Agradecimientos

Se agradece la financiación recibida por parte del INIA (Proyecto SC99-057) y CICYT (Proyecto ALI98-0960-C02-02), y la posibilidad de usar las instalaciones de frigoconservación de la empresa NUFRI, S.A.T.

Bibliografía

AMPUN W., HEWETT E.W., 1997. Aroma volatile enhancement in stored apple, pp 227-233. En: Proceedings 7th Int. CA Res. Conference: Apples and Pears, Vol. 2. M.E. Saltveit (Ed.). Davis (EEUU).

BRACKMAN A., STREIF J., BANGERTH F., 1994. Influence of CA and ULO storage conditions on quality parameters and ripening of preclimacteric and climacteric harvested apples. *Gartenbauwissenschaft*, 59(6), 252-257.

CRISTOPH W., 2000. Autunno '99: sfiorato un raccolto record. *Riv. di Frutt.* (Supplemento n.° 5), 40-42.

DIXON J., HEWETT E.W., 2000. Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. N.Z. *J. Crop Hort. Sci.*, 28, 155-173.

ECHEVERRÍA G., FUENTES M.T., GRAELL J., LÓPEZ M.L., 2002. Relationship between volatile production, fruit quality and sensory evaluation of 'Fuji' apples stored in different atmospheres by means of multivariate analysis. *J. Sci. Food Agric.* (pendiente de publicación).

FAN X., MATTHEIS J.P., PATTERSON M., FELLMAN J.K., 1997. Optimum harvest date and controlled atmosphere storage potential of 'Fuji' apples, pp. 42-49. En: Proceedings 7th Int. CA Res. Conference, Vol. 4. M.E. Saltveit (ed.), Davis (EEUU).

FELLMAN J.K., MATTINSON D.S., MATTHEIS J.P., 1993. Ester biosynthesis in 'Rome' apples subjected to low-oxygen atmospheres. *Postharvest Biol. Technol*, 3, 201-214.

FELLMAN JK., MILLER TW., MATTINSON DS., MATTHEIS JP., 2000. Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits. *HortScience*, 35(6), 1026-1033.

GRAELL J., ALONSO J.M., 1988. Evolución de la maduración y calidad de manzanas 'Starking Delicious' conservadas en atmósfera controlada con reducción de etileno. *ITEA*, 79, 48-56.

GRAELL J., LARRIGAUDIERE C., VENDRELL M., 1997. Effect of low-oxygen atmospheres on quality and superficial scald of Topred apples. *Food Sci. Technol. Int.*, 3, 203-211.

HARKER F.R., WATKINS C.B., BROOKFIELD P.L., MILLER M.J., REID S., JACKSON P.J., BIELESKI R.L., BARTLEY T., 1999. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 124 (2), 166-172.

IGLESIAS I., GRAELL J., ECHEVARRÍA G., VENDRELL M., 2000. Orchard cooling with overtree sprinkler irrigation to improve fruit color of 'Delicious' apples. *HortSci.*, 35 (7): 1207-1208.

LÓPEZ M.L., LAVILLA T., RECASENS I., RIBA M., VENDRELL M., 1998a. Influence of different oxygen and carbon dioxide concentrations during storage on production of volatile compounds by 'Starking Delicious' apples. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 634-643.

LÓPEZ M.L., LAVILLA T., RIBA M., VENDRELL M., 1998b. Comparison of volatile compounds in two seasons in apples: Golden Delicious and Granny Smith. *J. Food Qual.*, 21, 155-166.

LÓPEZ M.L., LAVILLA T., GRAELL J., VENDRELL M., 2000. Changes in aroma quality of 'Golden Delicious' apples after storage at different oxygen and carbon dioxide concentration. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 311-324.

MASSERON A., TRILLOT M., MATHIEU V. Y TRONEL C. 1995. Fuji. 58 pp. Ed. CTIFL. Paris.

MEHERIUK M., 1993. SCA storage conditions for apples, pears and nashi, pp. 819-858. En: Proceedings 6th Int. CA Res. Conference, Vol. 2. Ithaca, NY (EEUU).

SAS INSTITUTE, 1988. Statistical Analysis System. User's Guide. Ed. SAS Institute. Cary, NC, USA.

SEONG-JIN C., JEE EUN K., 1999. The change in aroma production of 'Fuji' apple fruits as influenced by CA storage. *J. Kor. Soc. Hortic. Sci.*, 40(1), 61-64

STREIF J., BANGERTH F., 1988. Production of volatile aroma substances by Golden Delicious apple fruits after storage for various times in different CO_2 and O_2 concentrations. *J. Hortic. Sci.*, 63(2), 193-199.

TAKEOKA G.R., BUTTERY R.G., FLATH R.A., 1992. Volatile constituents of Asian pear (*Pyrus serotina*). *J. Agric. Food Chem.* 40, 1925-1929.

TOUGH H.J., HEWETT E.W., 2001. Rapid reduction in aroma volatiles in Pacific Rose apples in controlled atmospheres. *Acta Hortic.* 553, 219-223.

TRILLOT M., MASSERON A., 1995. Fuji, une pomme d'avenir. *Infos-Ctifl*, 108, 24-27.

WATKINS C.B., BROOKFIELD P.L., HARKER F.R., 1993. Development of maturity indices for the 'Fuji' apple cultivar in relation to watercore incidence. *Acta Hortic.* 326, 267-275.

YOSHIDA Y., FAN X., PETERSON M., 1995. Fuji apple. Fruit Var. J., 49(4), 194-196.

(Aceptado para publicación el 30 de enero de 2003).

ITEA (2003), Vol. 99V N.° 2, 196-207

INFLUENCIA DE LA ENMIENDA CÁLCICO-MAGNÉSICA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PRADERA NATURAL DE MONTAÑA CON SUELOS ÁCIDOS

J.R. Gispert Folch

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA),
Centro de "Mas Bové", Apdo. 415
43280 Reus, Tarragona, España
e-mail: joanramon.gispert@irta.es

RESUMEN

El análisis de los resultados del estudio de campo, desarrollado en Ained de Cardós (Lérida) durante el período 1992-94 en las condiciones edafo-climáticas del lugar, permite observar los favorables resultados de la aplicación de dolomita (32-36% OCa + 16-20% OMg) en un suelo de reacción ácida (pH < 6). La aportación de cationes calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), mediante dolomita, genera una respuesta significativa respecto al incremento de biomasa y materia seca por hectárea en la pradera natural. Debido a ello, también se produce un aumento del contenido de proteína digestible, calcio y magnesio globales por unidad de superficie. No se observa, en cambio, un incremento cualitativo (% s.mat.seca) de estos elementos en el forraje verde.

La dosis de 1250 Kg/ha de dolomita y los equilibrios Ca^{2+}/ Mg^{2+} (meq/ 100 g) = 7,72 y K^{+}/ Mg^{2+} (meq/ 100 g) = 1,00 generan la mejor respuesta sobre parámetros cuantitativos de la pradera. El estudio también permite observar una moderada correlación, no significativa, entre los contenidos crecientes por hectárea en calcio y magnesio del suelo y la capacidad extractiva de la pradera en la misma superficie.

Palabras clave: Calcio, Magnesio, Pradera natural, Dolomita, Suelo ácido.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE EMENDATION OF CALCIUM AND MAGNESIUM IN THE YIELD AND QUALITY OF THE MOUNTAIN NATURAL MEADOW WITH ACID SOILS

The results of the trial, developed in Ained de Cardós (Lérida) during the period 1992-94 for the edafo- climatic conditions of the site, shows the favourable results of the application of dolomite (32-36% OCa + 16-20% OMg) on acid soil (pH < 6). The application,containing Calcium (Ca^{2+}) and Magnesium (Mg^{2+}) cations, from dolomite generates a significant response increasing biomass and dry matter per hectare in the natural meadow. It's also observed a higher content of total digestible protein, calcium and magnesium for surface area. However, it was not observed a quality increment (% a.dry matter) of these elements in the green forage.

The dose of 1250 Kg/ha of dolomite and the equilibrium Ca^{2+}/ Mg^{2+} (meq/ 100 g) = 7.72 and K^{+}/ Mg^{2+} (meq/ 100 g) = 1.00 generate the best result on the quantitative parameters of the meadow. The study, also, allows to observe the moderate, not signifi-

cant, correlation between the increasing contents, by hectare, of Calcium and Magnesium in the soil and the extraction capacity of the meadow in the same surface.

Key words: Calcium, Magnesium, Natural meadow, Dolomite, Acid soil.

Introducción

Amplia información ha sido publicada sobre el comportamiento del suelo y la fertilización con N, P y K. Sin embargo nutrientes esenciales como el Ca y el Mg han recibido relativamente poca atención.

El calcio y el magnesio tienen un papel importante en el metabolismo de las plantas y son los cationes dominantes, intercambiables, en la mayoría de suelos de las regiones templadas (CURTIN *et al.*, 1998). El calcio es esencial para el desarrollo radicular y la absorción de los nutrientes, también es un constituyente que da estabilidad a la pared celular y membrana plasmática. Actúa en los procesos de crecimiento y división celular, polimerización de las proteínas y como regulador enzimático. El magnesio, a su vez, además de su función como componente de la clorofila, se halla asociado a las proteínas vegetales, actúa como activador de muchos enzimas y es necesario en otros procesos fisiológicos, alguno tan importante como la producción de azúcares y almidón (GAMBOA, 1988). La presencia de este mineral hace que aumente la resistencia de las plantas al frío y facilita la absorción y translocación del fósforo.

Estudios de (MARSCHNER, 1986; MENGEL y KIRKBY, 1987) referenciados por ROBINSON *et al.* (1989), indican que la absorción del Magnesio (Mg^{2+}) por las plantas es reducida en suelos ácidos (pH < 5,5) y por altas concentraciones de calcio (Ca^{2+}) o/y potasio (K^{+}). Así pues, cuando el Mg^{2+} entra en la raíz de la planta ha de ser transportado para ser efectivo y tanto el K^{+} como el Ca^{2+} pueden actuar para restringir este transporte hacia los brotes (HANNAWAY *et al.*, 1984; OHNO y GRUNES, 1985) referenciado en ROBINSON *et al.* (1989). Hay que tener en cuenta, por tanto, además de la cantidad aportada, un determinado equilibrio entre las formas asimilables de los elementos potencialmente antagónicos, si se quiere evitar su bloqueo. Algunos estudios indican equilibrios de Ca^{2+}/ Mg^{2+} (meq/100g) = 5-10 y K^{+}/Mg^{2+} (meq/100g) = < 1,0 (LÓPEZ y LÓPEZ, 1990).

Muchos de los suelos de las áreas de pasto de alta montaña presentan bajos contenidos de Ca^{2+} por las condiciones edafo-climáticas favorables al drenaje (suelos de pizarra, pluviometría alta o riegos excesivos). Estos suelos requieren enmiendas calizas para corregir la acidez y elevar el valor del pH alrededor de 6 para una correcta producción de pasto (EDMEADES *et al.*, 1985; VILELLA y HARIDASAN, 1994) referenciado en BESGA *et al.* (1997). Al aumentar el pH del suelo puede aumentar la absorción del Mg^{2+} por las plantas (CHRISTENSON *et al.* 1973; RENGEL, 1988), según indica ROBINSON *et al.* (1989). El encalado con productos que contienen magnesio, además de calcio, como la dolomita aumenta el pH del suelo y suministra magnesio adicional que es disponible para las plantas (RODRÍGUEZ *et al.*, 1994).

La disminución de la acidez crea condiciones favorables para el desarrollo de las leguminosas, resultando un forraje con más alto contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} (KOPEC y MAZUR, 1999).

Uno de los principales alimentos de volumen en la nutrición del ganado bovino en las explotaciones extensivas o semiintensi-

vas es la pradera natural, la cual no siempre presenta contenidos suficientes y equilibrados de Mg^{2+} y Ca^{2+} en la ración alimenticia. Esto hace que, a veces, se puedan presentar trastornos en el ganado originados por una nutrición desequilibrada.

La literatura, continuamente, reitera el hecho que el trastorno metabólico conocido por tetania o hipomagnesemia es un complejo metabólico desordenado de los animales rumiantes que resulta, entre otros factores, de una deficiente disponibilidad de magnesio en la dieta. Sin embargo, una relación causa/ efecto nunca ha sido establecida y se especula que el bajo contenido de Mg^{2+} en la hierba puede ser un factor importante en el desarrollo de tal condición (MCNAUGHT *et al.*, 1973; STEVENS y MCALLISTER, 1985) referenciado por MORGAN (1993).

Algunas experiencias previas sobre la dinámica suelo/planta de estos dos elementos indican, por una parte, la baja eficiencia del Mg en la pradera respecto a su disponibilidad en el suelo y, por otra parte, que las aplicaciones de Mg aparecen ineficaces para aumentar su contenido en la hierba (MORGAN, 1993). Así, pues, diversos autores (VIGUERA y OLEA, 1999), han llegado a definir los contenidos mínimos aconsejables de los bioelementos Ca^{2+} y Mg^{2+} en el pasto para rumiantes que evitaran su carencia alimentaria, según se indica en el cuadro 1.

Las alteraciones fisiológicas asociadas a la carencia o desequilibrio cálcico-magnésico son factores importantes a considerar en la producción y calidad del forraje, así como en la economía de las explotaciones extensivas o semiintensivas de ganado bovino.

En el presente trabajo se estudian los posibles efectos cuantitativos y cualitativos en la pradera natural por la aportación de una enmienda cálcico/ magnésica a base de dolomita. También se analizan algunas correlaciones entre elementos y/o factores de calidad que permite caracterizar la influencia de la enmienda respecto a los mismos. La dinámica suelo/ planta del Ca^{2+} y Mg^{2+} es estudiada, a su vez, para averiguar su nivel de eficiencia.

Material y métodos

El estudio de campo se llevó a cabo durante los años 1992, 1993 y 1994 sobre un suelo franco-limoso, caracterizado edafológicamente como *Entic Haploxerolls,* según la clasificación de suelos Soil Taxonomy System, situado en Ainet de Cardós (Lérida), al norte de Cataluña (42,237° Latitud, 0,959°

Cuadro 1. Valores medios elegidos como niveles mínimos de Ca^{2+} y Mg^{2+} en la pradera para rumiantes, según diversos autores (g/ Kg mat.seca)
Table 1. Average values selected as minimum levels of Ca^{2+} and Mg^{2+} in the meadow for the ruminants, according to several authors (g/Kg dry matter)

Elementos	ARC (1968)	Bergner (1970)	Gueguen (1972)
Calcio	3,4	3	4
Magnesio	0,7	1-3	1,5

Longitud, 513 m sobre nivel del mar). Las características edafológicas, físicas y químicas del suelo fueron definidas a partir de la descripción de los diferentes horizontes de una calicata y el muestreo aleatorizado con barrena. El suelo, situado en un abancalamiento de una llanura aluvial, presentaba un abundante contenido de materia orgánica (4-5%) que iba decreciendo en profundidad. Por el contrario, la escasa proporción superficial de elementos gruesos aumentaba en el subsuelo. La capacidad de retención de agua disponible (CRAD) era de 262 mm/m. Desde el punto de vista químico era un suelo de reacción ácida con un pH (agua susp.1:2,5) de 5,6, una alta concentración de N total (Kjeldahl) del 0,26%, muy bajo P extraíble (Olsen, $NaHCO_3$ 0,5 M) de 3,8 ppm y bajo contenido de potasio intercambiable (extr. NH_4AcO 1N) de 30,5 ppm. El elemento secundario Ca^{2+} (extr. NH_4AcO 1N) presentaba un bajo contenido de 4,75 meq/100g y el Mg^{2+} (extr. NH_4AcO 1N) muy bajo, con 0,26 meq/100g.

En la figura 1, se observan los datos climáticos correspondientes al período considerado, obtenidos en el observatorio HECSA ubicado en la misma área experimental. La pluviometría media anual del período considerado fue de 550 mm. La evapotranspiración media de referencia (ETo), en el mismo período, de 871 mm. Las temperaturas medias alcanzadas en cada estación fueron de 13,5° C (primavera), 19,5°C (verano), 10,5°C (otoño) y 8,5°C (invierno).

La flora presente en la pradera fue definida como una comunidad densa de prado natural, 100% herbáceo y constituido por la siguiente biodiversidad de especies: Raygrass (*Lolium multiflorum*), Dactilo (*Dactylis glomerata*), Veza (*Vicia sativa*) y Trébol (*Trifolium médium*). También se observó la presencia de las siguientes especies adventicias: Lengua de buey (*Rumex hidrolapathum*), Bolsa de pastor (*Capsella bursa pastoris*), Sanguisorba (*Sanguisorba officinalis*), Podagraria (*Aegopodium podagraria*), Abre

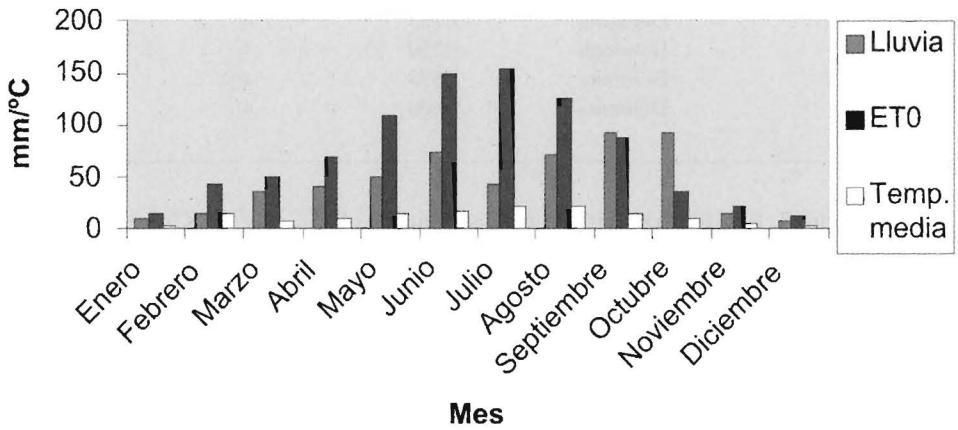


Figura 1. Pluviometría media mensual (mm), evapotranspiración de referencia (ETo) en mm/mes y temperatura media mensual (°C), durante el período 1992-94.

Figure 1. Average monthly rainfall (mm), reference evapotranspiration (ETo) in mm/month and average monthly temperature (°C), during the period 1992-94.

puños (*Ranunculus sardous*) y Avena loca (*Avena fatua*).

El diseño de la parcela experimental, que ocupó una superficie total de 900 m^2 (30 x 30) incluidos pasillos de servicio, se estableció mediante 24 parcelas elementales de 30 m^2 (6 x 5) cada una y 12 m^2 (3 x 4) de superficie de control. Para el análisis de los datos se consideró un modelo estadístico de bloques al azar con 4 repeticiones y 6 tratamientos (T_0, T_1, T_2, T_3, T_4 y T_5) por repetición. La separación de medias se hizo mediante un test de Duncan a un nivel de significación $\alpha = 0.05$

El cuadro 2 indica las características de los tratamientos considerados en el estudio de campo y el cuadro 3 los equilibrios entre los elementos potencialmente antagónicos en el suelo (Ca^{2+}, Mg^{2+} y K^+) en función de los distintos tratamientos o la dosis de dolomita aplicada.

Al inicio del ensayo en 1992, todas las parcelas elementales recibieron una fertilización base común de 150UF/ha (N)-100 UF/ha (P_2O_5)-150 UF/ha (K_2O). Durante 1993 y 1994 se aplicaron 100 UF/ha (N), en cobertera, de forma fraccionada y en 4 aportaciones del 25% (marzo, abril, mayo y septiembre).

No se hizo un seguimiento riguroso de la dosis ni de la frecuencia del riego que se aplicó, como es habitual en la zona, desde el mes de Mayo hasta Septiembre. Se estima

Cuadro 2. Aportación de dolomita (32-36% OCa +16-20% OMg) al inicio del estudio (1992) en los tratamientos considerados

Table 2. Dolomite application (32-36% OCa + 16-20% OMg) at the beginning of the study (1992) in the considered treatments

Tratamiento	Producto	Kg/ha	N.º parcelas	Kg/parcela
T_0	Dolomita	–	4	–
T_1	Dolomita	1.000	4	3,00
T_2	Dolomita	1.125	4	3,37
T_3	Dolomita	1.250	4	3,75
T_4	Dolomita	1.375	4	4,12
T_5	Dolomita	1.500	4	4,50

Cuadro 3. Equilibrio previsto entre los elementos Ca^{2+}, Mg^{2+} y K^+ del suelo

Table 3. Equilibrium between the elements Ca^{2+}, Mg^{2+} and K^+ in the soil

Tratamiento	Ca^{2+} / Mg^{2+} (meq/100 g)	K^+ / Mg^{2+} (meq/100g)
T_0	18,26	0,95
T_1	8,54	1,25
T_2	8,10	1,11
T_3	7,72	1,00
T_4	7,27	0,90
T_5	6,97	0,83

que durante estos meses se aportaron 6-7 riegos cada año, por inundación, con un caudal característico aproximado de 1 l/s/ha.

Se llevaron a cabo una serie de controles que genéricamente pueden ser estructurados como: Parámetros cuantitativos, cualitativos y estudio de la eficiencia suelo/planta respecto a Ca^{2+} y Mg^{2+}.

Parámetros cuantitativos

El seguimiento y control de la producción del prado natural se realizó mediante siega y pesada de una superficie de 1 m^2 de los 12 m^2 centrales, dentro de cada parcela elemental (30 m^2). Las siegas se llevaron a cabo en las épocas habituales en la zona para tales menesteres y que corresponden en su primer corte a finales de junio- primeros de julio y el segundo a mediados de septiembre. El producto en verde fue recogido y ensacado en plástico para evitar al máximo las pérdidas evapotranspirativas y pesado inmediatamente mediante balanza monoplato calibrada.

Parámetros cualitativos

Las características cualitativas de la pradera fueron evaluadas mediante análisis a través del Laboratorio Agrario del DARP de la Generalitat de Catalunya. Se hizo el seguimiento y control de diversos parámetros a partir de las muestras en verde recogidas en campo después de cada corte.

Las determinaciones llevadas a cabo y los métodos de análisis empleados fueron los siguientes: Materia seca (% p/p, gravimetría visual), proteína digestible (% p/p s.m.s., volumetría visual), Calcio y Magnesio (% p/p s.m.s., absorción atómica).

Eficiencia suelo/planta del Ca^{2+} y el Mg^{2+}

Se consideraron los contenidos iniciales en Ca^{2+} y Mg^{2+} del suelo, además de los aportados mediante las dosis crecientes de dolomita (32- 36% OCa + 16-20% OMg). A partir del contenido inicial en suelo y de las extracciones realizadas de esos elementos por la pradera, se estableció un estudio de correlación con definición de la función característica y el correspondiente coeficiente de determinación (R^2) para el período 1992-94.

Las unidades consideradas fueron Kg/ha de Ca^{2+} y Mg^{2+} totales iniciales y extraídos. El contenido en suelo se estableció hasta una profundidad de 20 cm.

Resultados y discusión

Al considerar, en primer lugar, como parámetro productivo la producción de pradera natural en verde, controlada cada año, desde 1992 a 1994 (cuadro 4) se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos. El incremento en la producción de pasto, consecuencia de la aportación de calcio y magnesio en un suelo de reacción ácida, confirma otras conclusiones precedentes (EDMEADES *et al.* 1985; VILELLA y HARIDASAN, 1994; BESGA, 1997). Concretamente el tratamiento T_3 (1.250 Kg/ha de dolomita) genera, la mayoria de los años, la mejor producción en verde. Esta producción, significativamente superior de T_3 , corresponde a los equilibrios entre elementos potencialmente antagónicos siguientes: $Ca^{2+}/ Mg^{2+} = 7,72$ y $K^{+}/ Mg^{2+} = 1,00$, idénticos a los considerados por otros autores (LÓPEZ y LÓPEZ, 1990).

Cuadro 4. Producción media anual de pradera natural en verde (Kg/ha) entre los 2 cortes, durante el período 1992-94

Table 4. Average year green production of the natural meadow (Kg/ha) between two cuts, during the period 1992-94

Año\Tratam	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
1992	26668 (b)	31344 (a)	32031 (a)	31875 (a)	29375 (ab)	27788 (b)
1993	19125 (c)	19775 (bc)	23163 (a)	24431 (a)	22288 (ab)	22906 (a)
1994	17750 (b)	19375 (ab)	17938 (b)	23688 (a)	16250 (b)	19125 (ab)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de cada fila.

En la mayoría de los años, según puede observarse en el cuadro 5, hay una producción significativamente superior del primer corte respecto al segundo.

En relación a los parámetros cualitativos, en el cuadro 6 se presentan los valores en contenido medio de materia seca (%) y proteína digestible (% pp s.m.s) durante el trienio 1992-94. El estudio de los mismos permite observar el nulo efecto de la dosis de dolomita sobre los contenidos porcentuales de ambos parámetros.

Si se consideran, en cambio, los contenidos de materia seca y proteína digestible por

Cuadro 5. Producción media anual en verde (Kg/ha) en cada corte, durante el período 1992-94

Table 5. Average annual green production (Kg/ha) in every cut, during the period 1992-94

Año\ Corte	1er corte (Final de Junio)	2° corte (Mitad de Septiembre)
1992	30023 (a)	29677 (a)
1993	28171 (a)	15761 (b)
1994	23354 (a)	14708 (b)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de cada fila.

Cuadro 6. Contenidos porcentuales de materia seca (%) y proteína digestible (% p/p s.m.s) en función del tratamiento de dolomita aplicado

Table 6. Percentage contents of dry matter (%) and digestible protein (% pp dry matter) in function of the considered treatment of the dolomite

Parámetro\Tratam	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Mat.seca	27,32 (a)	27,00 (a)	27,33 (a)	27,70 (a)	29,30 (a)	27,96 (a)
Prot.digestible	7,23 (a)	7,43 (a)	6,91 (a)	7,15 (a)	7,08 (a)	7,03 (a)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de la misma fila.

hectárea (Kg/ha) que se presentan en el cuadro 7, se puede observar el efecto positivo y la respuesta significativa de ambos parámetros respecto al tratamiento de dolomita aplicado. El estudio de los mismos indica la respuesta significativa de la aplicación de dolomita respecto a la no aplicación (T_0). A su vez, cabe señalar el mejor efecto del tratamiento T_3 (1.250 Kg/ha de dolomita) que, con diferencia significativa, destaca sobre el resto de los tratamientos. De nuevo, la mejor producción en materia seca y proteína digestible se corresponde con los equilibrios $Ca^{2+}/ Mg^{2+} = 7,72$ y $K^{+}/ Mg^{2+} = 1,00$.

En el cuadro 8 se presentan los contenidos de Calcio y Magnesio en el pasto en relación a la dosis de dolomita aplicada. Estos datos indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos y que las aplicaciones de Mg en el suelo parecen ineficaces para aumentar su contenido en la hierba de forma similar a lo observado por MORGAN (1993). El tratamiento T_4 (1.375 Kg/ha de dolomita) presenta, sin embargo, el contenido más alto de Ca^{2+} y Mg^{2+} por Kg de materia seca. También se observa que los contenidos de estos elementos son superiores a los mínimos aconsejados para evitar problemas de tetania magnésica, referenciados por VIGUERA y OLEA (1999).

Si consideramos los mismos elementos en sus contenidos por hectárea según puede observarse en el cuadro 9, estos siempre se hallan en contenidos superiores en la pradera tratada con dolomita respecto a la referencia sin tratar (T_0). El tratamiento T_3 (1.250 Kg/ha de dolomita) ha generado el más alto contenido de Ca^{2+} por ha en la pradera, aunque sin diferencias significativas con los otros tratamientos. Así mismo, el

Cuadro 7. Contenido medio de materia seca y proteína digestible por ha (Kg/ha) en función de la dosis de dolomita aplicada (Media del período 1992-94)
Table 7. Average content of dry matter and digestible protein per hectare (Kg/ha) in function of the dose of dolomite applied (Average of the period 1992-94)

Parámetro\Tratam	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Mat.seca	5716,0(c)	6280,3 (bc)	6517,7 (b)	7365,7 (a)	6502,7 (b)	6425,3 (bc)
Prot.digestible	413,3(c)	454,0 (b)	450,4 (b)	526,7 (a)	460,4 (b)	451,7 (b)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de la misma fila.

Cuadro 8. Contenido medio en Ca^{2+} y Mg^{2+} (g/Kg m.s.) durante el período 1992-94
Table 8. Average contens of Ca^{2+} and Mg^{2+}(g/Kg dry matter) during the period 1992-94

Parámetro\Tratam	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Ca^{2+}	9,7 (a)	9,7 (a)	8,6 (a)	9,2 (a)	9,9 (a)	9,6 (a)
Mg^{2+}	2,3 (a)	2,4 (a)	2,1 (a)	2,3 (a)	2,8 (a)	2,4 (a)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de la misma fila.

Cuadro 9. Cantidad media de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Kg/ha) presentes en la pradera en función de la dosis de dolomita aplicada durante el período 1992-94

Table 9. Average amount of Ca^{2+} and Mg^{2+} (Kg/ha) in the meadow in function of the dose of dolomite applied during the period 1992-94

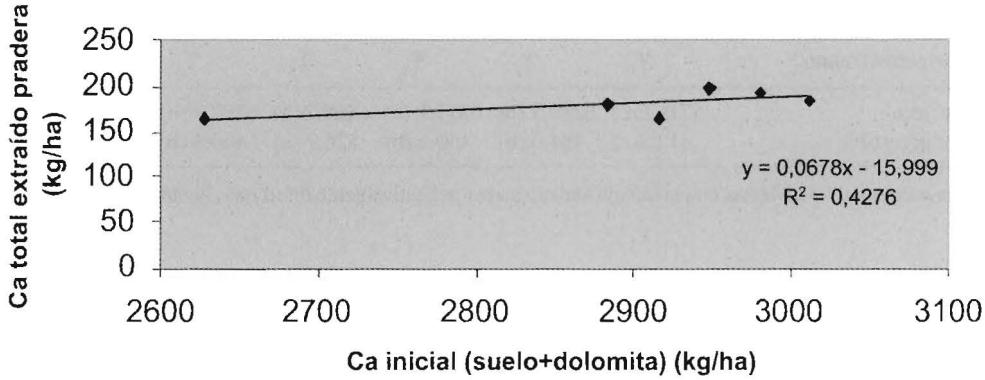
Parámetro\Tratam	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Ca^{2+}	54,5 (a)	60,2 (a)	54,6 (a)	65,9 (a)	64,4 (a)	61,1 (a)
Mg^{2+}	13,0 (b)	15,0 (ab)	13,7 (b)	16,2 (ab)	18,7 (a)	15,0 (ab)

(Duncan, $\alpha = 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, dentro de la misma fila.

tratamiento T_4 (1.375 Kg/ha de dolomita) dió lugar al más alto contenido en Mg^{2+} pero sin diferencias significativas.

Otro de los aspectos que se abordaron en el estudio consistió en averiguar el grado de aprovechamiento extractivo en Kg/ha de Ca^{2+} y Mg^{2+} que tuvo la pradera al final del período considerado (1994), respecto a los contenidos iniciales de los mismos elementos presentes en el suelo a partir de la aportación creciente de dolomita (T_0 a T_5). La figura 2 indica la correlación existente entre el contenido de Ca^{2+} del suelo/extracción de la planta y la Figura 3 lo mismo para el Mg^{2+}.

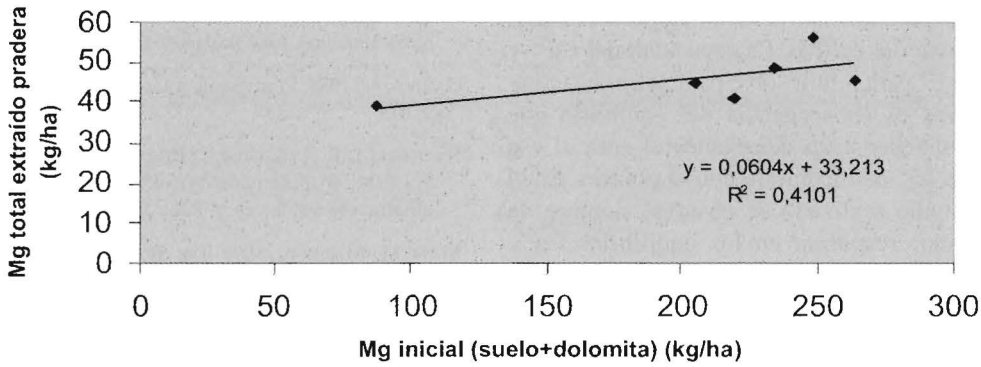
Hay una correlación moderada (R^2 = 0,41 - 0,43), no significativa, entre el contenido creciente Ca^{2+} y Mg^{2+} en el suelo, por las aportaciones crecientes de dolomita, y las extracciones de estos elementos efectuados por la pradera (figuras 2 y 3).



Puntos de izquierda a derecha corresponden a los tratamientos de dolomita T_0 a T_5.

Figura 2. Relación entre el contenido inicial de Ca^{2+} en el suelo y el total extraído por la pradera al final del trienio 1992-94.

Figure 2. Relationship between the initial content of the soil in Ca^{2+} and the total extracted by the meadow at the end of the period 1992-94.



Puntos de izquierda a derecha corresponden a los tratamientos de dolomita T_0 a T_5.

Figura 3. Relación entre el contenido inicial de Mg^{2+} en el suelo y el total extraído por la pradera al final del trienio 1992-94.

Figure 3. Relationship between the initial content of the soil in Mg^{2+} and the total extracted by the meadow at the end of the period 1992-94.

Conclusiones

De los resultados de este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En suelos de reacción ácida (pH < 6), la aplicación de una enmienda de dolomita actua favorablemente al aumentar la presencia de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} y activar su capacidad de intercambio catiónico en el complejo arcillo-húmico. Esta mayor presencia y capacidad de intercambio del Ca^{2+} y Mg^{2+} facilita el funcionamiento de determinados procesos metabólicos en la pradera que, por la escasa presencia de los mencionados cationes, actuaban de forma limitada.

Se observa, igual que otros estudios precedentes, que el incremento en el contenido de cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} en un suelo ácido tiene una influencia significativa sobre parámetros cuantitativos de la pradera. Así pues, la aportación de dolomita permite observar una respuesta significativa del cultivo respecto al incremento de biomasa y materia seca por unidad de superficie, si se compara con la no aportación de la enmienda. El aumento de materia seca por hectárea que genera una enmienda dolomítica induce, a su vez, a un mayor contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} global por hectárea. La dosis de 1250 Kg/ha de dolomita (32-36% OCa + 16-20% OMg) genera la mayor respuesta respecto a parámetros cuantitativos, lógicamente, en las condiciones edafo-climáticas del área estudiada. El primer corte siempre es significativamente superior al segundo respecto a la producción de pradera en verde.

Una mayor presencia de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} en el suelo de la pradera no genera, en cambio, un incremento porcentual (% s.mat.seca.) significativo de estos elementos en el cultivo. La enmienda dolomítica, por tanto, no genera influencia alguna sobre parámetros cualitativos de la pradera. Al igual que otros autores, se observa que las plantas no poseen mecanismos eficientes de absorción de estos elementos, a pesar de la disponibilidad de los mismos en el suelo.

Es importante considerar el equilibrio entre los cationes potencialmente antagóni-

cos para obtener la mejor respuesta cuantitativa del cultivo. La capacidad del Ca^{2+} y Mg^{2+} para influir sobre parámetros cuantitativos es consecuencia del equilibrio que mantienen estos dos elementos entre si y, a su vez, del magnesio con el potasio. En el estudio realizado se observa, siempre, la mejor respuesta en los equilibrios Ca^{2+}/ Mg^{2+} (meq/100 g) = 7,72 y K^{+}/ Mg^{2+} (meq/100 g) = 1,00 similares a los citados por otros autores.

Finalmente, el estudio permite observar, también, una relación entre los contenidos crecientes de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el suelo y la capacidad extractiva de la pradera respecto a estos mismos elementos. El incremento cuantitativo de materia seca por hectárea, que se genera por las dosis crecientes de dolomita, da lugar a un incremento cuantitativo de calcio y magnesio contenidos en esa materia seca.

Bibliografía

BERGNER H., 1970. *Elementos de nutrición animal*. Acribia, Zaragoza. 163 p.

BESGA G., PINTO M., RODRÍGUEZ M., LÓPEZ F.A., BALCÁZAR N., 1997. Agronomic and nutritional effects of Linz-Donawitz slag application to two pastures in Northern Spain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46, 157-167.

CHRISTENSON D.R., WHITE R.P., DOLL E.C., 1973. Yields and magnesium uptake by plants as affected by soil pH and calcium levels. *Agron. J.*, 65, 205.

CURTIN D., SELLES F., STEPPUHN H., 1998. Estimating Calcium-Magnesium selectivity in Smectitic soils from organic matter and texture. *Soil Science Society of American Journal*, 62: 5, 1280-1285, ref. 36.

EDMEADES D. C., PRINGLE R.M., SHANNON P. W., MANSELL G.P., 1985. Optimum pH for grassland soils. Proceedings of a Workshop on Lime in New Zealand Agriculture. Jackson, BLJ and Edmeades DC (eds). Hamilton, New Zealand, 65-67.

GAMBOA A., 1988. El magnesio y los cultivos. *Abrego*, 2-10.

HANNAWAY D.B., LEGGETT J.E., BUSH L. P., SHULER P. E., 1984. Magnesium (Mg) and Rubidium (Rb) absortion by tall fescue. *J. Plant Nutr*, 7, 1127.

KOPEC M., MAZUR K., 1999. The effect of fertilization and liming on the element composition in meadow sward. *Rostlinnà vyroba*, 45, 101-106.

LÓPEZ J., LÓPEZ J., 1990. El diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y Laboratorio). Ed. Mundi-Prensa, 37-59.

MARSCHNER H., 1986. Mineral nutrition of higher plants. *Academic Press*, New York, 235-243.

MCNAUGHT K.J., DOROFAEFF F.D., LUDECKE T.E., COTTIER K., 1973. Effect of potassium fertilizer, soil magnesium status, and soil type on uptake of magnesium by pasture plants from magnesium fertilizers. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 1, 329-347.

MENGEL K., KIRKBY E.A., 1987. Principles of plant nutrition. Int.Potash *Inst. Bern, Switzerland*, 481-492.

MORGAN M. A., 1993. The Magnesium status of Grassland in Ireland. Irish *Journal of Agricultural and Food Research*, 32, 161-170.

OHNO T., GRUNES D.L., 1985. Potassium- magnesium interaction affecting nutrient uptake by wheat forage. *Soil Science. Am. J.*, 49: 0685.

RENGEL Z., 1988. Effects of aluminium on magnesium uptake by ryegrass, Lolium multiflorum Lam. PH.D. Dissertation, Louisiana State Univ., Baton Rouge. Anal. 23, 165-174.

ROBINSON D.L., KAPPEL L.C., BOLING J.A.., 1989. Management practices to overcome the incidence of grass tetany. *Journal of Animal Science*, 67 (12), 3470-3484.

RODRÍGUEZ M., LÓPEZ F.A., PINTO M., BALCÁZAR N., BESGA G., 1994. Basic Linz-Donawitz slag as a liming agent for pastureland. *Agro. Journal*, 86, 904-909.

STEVENS R. J., MCALLISTER J.S.V., 1985. Evaluation of dolomite from County Fermanagh as a source of magnesium and as a liming material. *Record of Agricultural Research*, 33, 71-74.

VIGUERA F.J., OLEA L., 1999. Levels of bioelements and their relation to the ruminants'needs in the most important pasture-plant species of the wooded dehesa (grazing-land) in the south-West of Spain. *Cahiers-Options- Mediterraneennes*, 39, ref. 6, 251-255.

VILELLA D.M., HARIDASAN M., 1994. Response of the ground layer community of *Cerrado* vegetation in central Brazil to liming and irrigation. *Plant and soil*, 163, 25-31.

(Aceptado para publicación el 30 de enero de 2003).

ITEA (2003), Vol. 99V N.° 2, 208-213

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES DE ALMENDRO (*Prunus amigdalus* Batsch) MEDIANTE EL POLIMORFISMO ENZIMÁTICO

H.A. Altube, R.S. Rivata, M.G. Ontivero-Urquiza, R.J. Taborda

Departamento de Producción Vegetal: Fruticultura.
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Córdoba.
Casilla de Correo 509. (5000) Córdoba. Argentina.
e-mail: healtube@agro.uncor.edu

RESUMEN

La caracterización de variedades de almendro (*Prunus amígdalus* Batsch) se realiza tradicionalmente mediante las descripciones pomológicas y más recientemente se han introducido las caracterizaciones bioquímicas, particularmente las basadas en el polimorfismo isoenzimático. El objetivo del presente trabajo fue la caracterización de 11 variedades de almendro mediante el polimorfismo isoenzimático de peroxidasas, catecol, oxidasas y esterasas. Se muestrearon tallos en período de reposo y se conservaron a < 20 °C hasta el momento del procesado. La separación electroforética se realizó en gel de acrilamida al 10%. Las isoenzimas estudiadas presentaron diferente grado de polimorfismo. Las peroxidasas permitieron caracterizar los cultivares Ferragnes, Peerless y AI; las catecol oxidasas Tuono y Emilito y las esterasas Ferragnes, Marcona, Ruby y Ferraduel quedando los demás cultivares reagrupados en diferentes modelos.

Palabras clave: Caracterización, Electroforesis, Variabilidad, Polimorfismo, Isoenzimas.

SUMMARY
CHARACTERIZATION OF ALMOND VARIETIES (*Prunus amigdalus* Batsch) THROUGH POLIMORPIC ISOZYME

Charactirization of almond varieties is traditionally done by pomological descriptors. Recently, biochemical characterization techniques, particularly those based on isoenzimatic polymorphism, have been introduced. The objective of this work was the characterization of 11 almond varieties thtough isoenzimatic polymorphism of peroxidase, catecol oxidase and esterase systems. Plant material was taken from stems and was kept at < 20 °C before analysis. Electrophoresis analysis was performed in acrylamide gel at 10%. Enzymes showed different polymorphism degrees. Peroxidase enzymes allowed the characterization of Ferragnes, Peerless and Al varieties~ Tuono and Emilito cultivars were characterized by catecol oxidase and Ferragnes, Marcona, Ruby y Ferraduel by esterase. The remaining cultivars were grouped in different models.

Key words: Characterization, Electrophoresis, Variability, Isozymes.

Introducción

El almendro es una de las Prunoideas cultivadas en Argentina desde hace mucho tiempo, con una producción que no satisface las necesidades del mercado interno, recurriéndose a la importación.

El moderno cultivo de la especie requiere material vegetal de alta calidad viverística, tanto por su sanidad como por la identidad genética. La metodología para la caracterización e identificación de las variedades de los frutales desde el punto de vista legal se basa en el estudio de los caracteres pomológicos (morfológicos, agronómicos). La UPOV (Unión para la Protección de las obtenciones Vegetales) ha elaborado una serie de descriptores para la algunas de las especies cultivadas y entre ellas varios frutales, basadas en la descripción de ramas, hojas, flores y frutos. Estos caracteres han permitido la identificación de numerosas variedades de frutales (BARRET y RODES, 1976; GUARDIOLA *et al.*, 1977; DELLA STRADA *et al.*, 1989).

Las variedades de almendro son numerosas, por ello la elaboración de una clasificación pomológica sistemática más o menos compleja resulta difícil (SAURA CALIXTO *et al.*, 1988), se complica aún más el trabajo por el hecho de no ser posible una clasificación dicotómica como ocurre en otras especies cuyos caracteres son monofactoriales (GRASSELLI, 1972). Los caracteres que se tienen en cuenta para una caracterización morfológica de variedades de almendro son: características del árbol, floración, cuajado de fruto, tamaño y forma del fruto, rendimiento, dureza de la cáscara, presencia de pepitas dobles y resistencia al frío. Resulta difícil encontrar escalas objetivas para estos caracteres, con el fin de poder comparar los resultados, contamos con la sugerida por BERENGUER (1972).

La multiplicidad de caracteres que pueden definir las variedades hace que todas las clasificaciones basadas en un único carácter sean parciales (SAURA CALIXTO *et al.*, 1988). Un criterio diferenciador puede ser la época de floración y se clasifican en: tempranas, medias y tardías (SAURA CALIXTO *et al.*, 1988).

También pueden clasificarse según el sabor dulce o amargo de la pepita, dureza de la cáscara (SAURA CALIXTO) y en función del contenido de aceites (CARRANTE Y CUCURACHI, 1966; PANDELLE, 1966).

Es difícil la identificación de variedades debido a las similitudes de las mismas. Por ello existe un gran interés en las caracterizaciones bioquímicas mediante las isoenzimas. La separación electroforética, en geles de acrilamida de enzimas, es una técnica utilizada en horticultura desde los trabajos de PIERCE y BREWBAGUER (1973). En almendro las isoenzimas han sido utilizadas en estudios genéticos (ARÚS *et al.*, 1994; VIRUEL *et al.*, 1995; ARUS, 1996; JOOBEUR *et al.*, 1998). El almendro presentó una gran variabilidad genética (HUAUGGE *et al.*, 1987 a-b). El polimorfismo isoenzimático permitió comparar cultivares australianos y californianos (VEZVAEI *et al.*, 1994) y en general diferentes materiales genéticos (BYRNE, 1989-90). Se han identificado híbridos de duraznero x almendros Nompareil (CHAPARRO *et al.*, 1987). El objetivo del presente trabajo fue caracterizar cultivares de almendro mediante las isoenzimas peroxidasas, catecol oxidasas y esterasas.

Material y métodos

El material vegetal provino del Huerto Fenológico de la Facultad de Ciencias Agro-

pecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Los cultivares de almendro utilizados en el estudio fueron: 1) Ferragnes, francesa, proveniente del cruzamiento de Cristomorto con Al. 2) Thompson, californiana, descendiente de Texas. 3) Merced, californiana, cruzamiento entre Texas y Non Pareil. 4) Peerless, californiana. 5) Tuono, italiana, origen desconocido. 6) Marcona, española. 7) Ruby, californiana, originada de semilla. 8) Ferraduel, francesa, cruzamiento entre Cristomorto con Al. 9) Emilito, argentina, cruzamiento de Peerless y Non Pareil. 10). Ferralise, francesa, cruzamiento de Ferraduel y Ferragnes. 11) Al, francesa.

Se muestrearon tallos en período de reposo y conservaron a < 20 °C hasta el momento del procesado. La extracción de las isoenzimas se realizó macerando 1 g de tejido con 3cc de tampón de extracción (ARULSEKAR y PARFITT, 1985). La separación electroforética se realizó en gel de acrilamida al 10%, con tampón de electrodos Tris-Glicocola pH 8,6. Las isoenzimas estudiadas fueron: peroxidasas (E.C.1.11.1.7.9), catecol oxidasas (E.C.10.3.1) y esterasas (E.C.13.1.16). Posteriormente se procedió a la tinción de los geles con los métodos tradicionales. (BREWER y SING, 1971).

Resultados y discusión

Las peroxidasas (figura 1) presentan entre ocho y trece bandas. Las bandas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10 y 11 son comunes a todas las variedades; la banda 2 sólo se presenta en Thompson y Merced, la banda 8 en Ferragnes, Tompson, Peerless, Tuono y Marcona; la banda 9 en Ferragnes, Thompson y Merced; la banda 11 en Ferragnes, Thompson, Merced y Peerless y la banda 13 en Ferragnes, Emilito, Ferralise y Al. La combinación de las bandas configuran los siguientes modelos isoenzimáticos: Modelo I con las bandas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 con la variedad Ferragnes; modelo II con las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 con

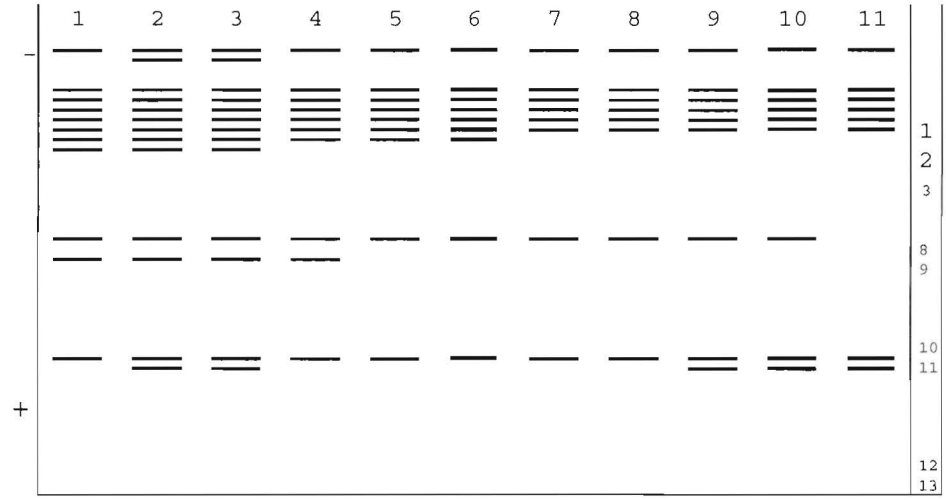


Figura 1. Zimogramas de peroxidasas en las distintas variedades de almendro.

Thompson y Merced; Modelo III con las bandas 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 con Peerless; modelo IV con las bandas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 con Tuono y Marcona; modelo V con las bandas 1, 3, 5, 6, 7, 10 y 12 con Ruby y Ferraduel; el modelo VI con las bandas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12 y 13 con variedades Emilito y Ferralise y el modelo VII con las bandas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 12 y 13 con Al. Los modelos I, III y VII permiten caracterizar las variedades Ferragnes, Peerless y Al respectivamente; quedando las demás reagrupadas en los modelos II, IV y VI con dos variedades cada uno.

Las catecol oxidasas (figura 2) presentan entre cuatro y doce bandas. Las bandas 1, 2, 6 y 9 están presentes en todas las variedades; la banda 3 en Thompson y Merced; la banda 4 en Thompson, Merced, Emilito, Ferrralise y Al; la banda 5 en Emilito, Ferralise y Al; la banda 7 en Ferragnes, Thompson, Merced, Peerless y Tuono; la banda 8 en Ferragnes, Thompson, Merced, Peerless, Emilito, Ferralise y Al; la banda 10 en Emilito, Ferralise y Al y las bandas 11 y 12 sólo en Emilito. Las distintas bandas configuran diversos modelos isoenzimáticos: modelo I con las bandas 1, 2, 3, 6, 7, 8 y 9 con Ferragnes y Peerless; modelo II con las bandas 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9 con Thompson y Merced; el modelo III con las bandas 1, 2, 6, 7, y 9 con Tuono; modelo IV con las bandas 1, 2, 6, y 9 con Marcona, Ruby y Ferraduel; modelo V con las bandas 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 con Emilito y el modelo VI con las bandas 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, y 10 con Ferralise y Al. Los modelos III y V caracterizan las variedades Tuono y Emilito respectivamente; quedando el resto reagrupadas en los modelos isoenzimáticos I, II y IV con dos y tres variedades cada uno.

Las esterasas (figura 3) presentan entre cuatro y doce bandas. Las bandas 3, 4, 10 y 11 están presentes en todas las variedades; las bandas 1, 2, 5, 7, 8 y 9 están presentes sólo en Ferragnes; la banda 6 en Ferragnes, Marcona, Ruby y Ferraduel; la banda 7 en Ferragnes, Marcona y Ruby y la banda 12 en Ferragnes y Marcona. La combinación de bandas forman diferentes modelos isoenzimáticos: modelo I con las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 con Ferragnes;

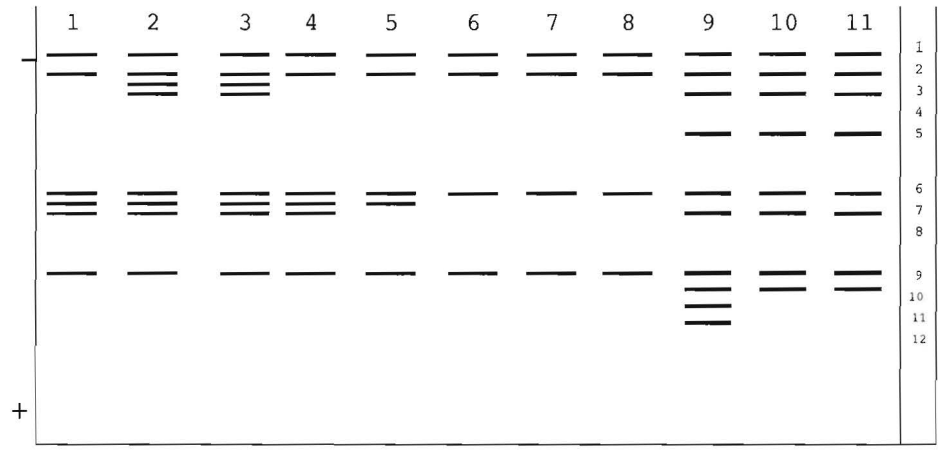


Figura 2. Zimogramas de catecol oxidasas en las distintas variedades de almendro.

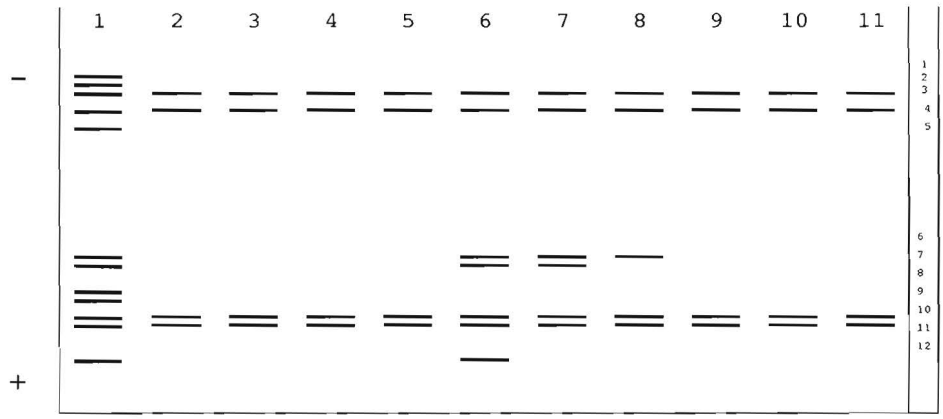


Figura 3. Zimogramas de esterasas en las distintas variedades de almendro.

modelo II con las bandas 3, 4, 10 y 11 con Thompson, Merced, Peerless, Tuono, Emilito, Ferralise y Al; el modelo III con las bandas 3, 4, 6, 7, 10, 11 y 12 con Marcona; el modelo IV con las bandas 3, 4, 6, 7, 10, 11 y 12 con Ruby y el modelo V con las bandas 2, 4, 6, 10, 11 con Ferraduel. Los modelos I, II, IV y V caracterizan las variedades Ferragnes, Marcona, Ruby y Ferraduel; quedando el resto reagrupadas en el modelo II con siete variedades.

Conclusiones

La potencialidad ofrecida por los marcadores bioquímicos en las distintas especies frutales demuestra ampliamente que se pueden agregar, a las tradicionales descripciones pomológicas o taxonómicas de los genotipos cultivados, metodologías basadas en descriptores de sistemas enzimáticos. Estos sistemas presentan posibilidades de difusión por ser poco costosos, simples, pero limitados por presentar menores capacidades discriminatorias. Las distintas isoenzimas estudiadas presentaron diferente grado de polimorfismo, pero no lo suficiente para distinguir un gran número de variedades. Las peroxidasas permitieron caracterizar las variedades Ferragnes, Peerless y Al, las demás quedaron reagrupados en los tres modelos restantes con dos variedades cada uno. Las catecol oxidasas caracterizaron las variedades Tuono y Emilito, las otras quedaron reagrupados en los tres modelos restantes con dos y tres variedades cada uno. Las esterasas caracterizaron las variedades Ferragnes, Marcona, Ruby y Ferraduel, quedando el resto reagrupadas en un modelo. Los reagrupamientos de variedades son difíciles de interpretar. Con el fin de lograr mayores niveles discriminatorios en futuros trabajos se deberían probar las isoenzimas AAT, GPI, LAP, PGM, IDH y SKDH. Del estudio surge que el análisis isoenzimático es una técnica válida para efectuar agrupamientos varietales, dentro de los cuales investigar con métodos de mayor resolución como RFLP, PCR y RADPs, técnicas de biología molecular que investigan una número mayor de locus genéticos, permitiendo la identificación de distintas variedades, hasta eventuales mutantes clonales de ellas.

Bibliografía

ARULSEKAR S., PARFITT D.E., 1986. Isoenzymes analysis procedure for some fruits: almonds, grape, walnut, pistachio and fig. Hort Science 21: 928-932.

ARÚS P., 1996. Developping tools a more efficient fruit breeding. The European *Prunus* mapping proyet. Nucis 5: 6-8.

ARÚS P., OLARTE C., ROMERO M., VARGAS F.J., 1994. Linkaje analysys often isoenzyme genes in Fl segregation almond progenies. *I.* Amer. Soc. Hort. Sci., 119: 339-344.

BERENGUER T., 1972. Caracteres de interés para la selección de variedades de almendra. I:A:M:Z. España.

BYRNE D.H., 1989. Electrophoretic variability in four diploid stone fruits. Acta Horticulturae 254: 29-34.

BYRNE D.H., 1990. Isozyme variability in four diploid stone fruits compared whith other perennial plants. J. Her 81 (1): 68-71.

BREWER G.J., SING C.F., 1971. Introduction to isozyme techniques. New York. Acad. Press. 186.

CARRANTE V., CUCURAC M.A., 1966. Andamento de la inoliazione, caratteristiche chimicofisiche e composizione acidica dell'olio di mardorle Pugliese. Prima Giornata del Mandorlo. Bari. Italia.

GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD C., 1984. El Almendro. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 461.

HUAUGGE R., KESTER D.E., SAYRA A., 1987a. Isozyme variation among California almond cultivars: I Inheritance. J. Amer. Soc. Hort. Sc. 112: 687-693.

HUAUGGE R., KESTER D.E., ARULSEKAR S., PARFITT D.E., LM L., 1987b. Isozyme variation among California almond cultivar. II Cultivar characterization and origins. J.Amer. Soc. Hort. Sci 112 (4): 693-698.

JOOBEUR T., VLRUEL M.A., DE VICENTE M.C., JAUREGUI B., BALLESTER J., DETTORI M.T., VERDE I., TRUCO M.J., MESSEGUER R., BATTLE I., QUART A.R., DIRIENWANGER E., ARÚS P.P., 1998. Construction o a sturated marker linkage map *for Prunus* suing an almond x peach F2 progenie. Theor. App. Genet. (submitted).

PANDELLE I., 1966. Le caracteres biochimiques des principales varietés de noix demandes et de noissettes de la République de Rumanie et I' etablissement de correlátion métaboliques générales. Inst. Ceerc. Hort. Vit. Lucra. Stiint, T.9.

SAURA CALIXTO F., CAÑELLAS MUT J., SOLER L., 1988. La almendra. Composición, variedades, desarrollo y maduración. Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. España. 173 p.

VEZVAEI A., CLARKE G.R., JACKSON J.F., 1994. Characterization of australian almond cultivars and comparation with californian cultivar by isoenzymes polimorfism. Aust. J. Exp. Agr. 34: 511-514.

VLRUEL M.A., MESSEGUER R., DE VICENTE M.C., GARCIA MASS J., PUIDDOMENECH P., VARGAS F.J., ARÚS P., 1995. Alinkage map with RPLF and isozyme maters for almond. Theor. App. Gen. 91: 964-971.

(Aceptado para publicación el 25 de mayo de 2003).

ITEA (2003), Vol. **99V N.° 2,** 214-218

ABSORCIÓN RADICULAR DE SIMAZINA EN CUATRO VARIEDADES DE OLIVO

D. Gómez de Barreda*, M. Gamón, A. del Busto*, A. Iñiguez***, A. Ten**, J.M.ª Valdés***, A. Saez**, J. García***, L. Sánchez***, I. Peris**, J.G.ª de la Cuadra****

* Departamento de Recursos Naturales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Aptdo Oficial, 46113 Moncada, Valencia, España
diego.gomez.barreda@ivia.es

** Laboratorio Agroalimentario

*** Conselleria de Agricultura, OCAPAS de "L'Alt Vinalopó", "La Plana de Vinarós" y "Engera y la Canal" respectivamente

RESUMEN

La simazina se ha considerado uno de los herbicidas residuales más importantes en los olivares. El trabajo muestra las posibilidades de absorción radicular en plantones de cuatro variedades de olivo 'Alfafara', 'Arbequina', 'Blanquilla' y 'Villalonga'. Los tratamientos se efectuaron mediante subherbigación a las dosis de 1 ppm ó 6 ppm de simazina. En diversos momentos después de los tratamientos se muestrearon ramillas para analizar el herbicida mediante cromatografía de gases. También se recolectaron las aceitunas y se analizó el residuo del producto en el aceite. Se detectó simazina en cinco de los momentos a la dosis elevada, y su primer metabolito des-alquilado, pero no a la dosis baja ni en el aceite.

Palabras clave: 'Alfafara', 'Arbequina', 'Blanquilla', 'Villalonga' residuos.

SUMMARY

SIMAZINE ROOT ABSORPTION IN FOUR OLIVE VARIETIES

Simazine is one of the more important olive selective residual herbicide. The paper shows the possibilities of simazine root absorption in four olive varieties 'Alfafara', 'Arbequina', 'Blanquilla' and 'Villalonga'. The treatments were made by subherbigation at two rates 1 ppm or 6 ppm. Samples of shoots were taken and analysed at different times after the treatments and olives were harvested. The results show that simazine and des-alquil simazine was detected one time, but only at the higher rate. No herbicide residue was detected in the oil.

Key words: 'Alfafara', 'Arbequina', 'Blanquilla', 'Villalonga', residues.

Introducción

GAST *et al.*, ya en 1956, mencionan un compuesto, denominado G27692 (2 cloro 4,6 bis etilamino-s-triazina) con una actividad herbicida residual importante.

DAY (1961) recomendó, ese compuesto, la simazina, como herbicida residual selectivo en los agrios.

Ese herbicida se encuentra ya registrado en el olivo, para California, a mediados de la década de los sesenta (pagina 89 en ASHTON *et al.*, 1967).

La simazina es uno de los herbicidas residuales que más se ha utilizado en los olivares. Su selectividad en ese cultivo es considerable (PASTOR, 1990; SAAVEDRA y PASTOR 1989, 1999) y no se están originando problemas de acumulación del producto en el suelo (GÓMEZ DE BARREDA, 2001).

El perfil de características fisicoquímicas, medioambientales, toxicológicas y analíticas están bastante bien definidas, en muchas publicaciones desde antiguo (HILTON *et al.*, 1974; WORTHING Y WALKER, 1983) y últimamente en TOMLIN (2000) y VENCILL (2002).

El Ministerio de Agricultura de España en el año 2002, decidió eliminar la simazina del registro de herbicidas para el olivar. Posiblemente, la contaminación de zonas sensibles, por arrastre del producto desde los olivares haya sido una de las principales causas de esa desaparición.

Queda siempre la duda, si la absorción xilemática desde las raíces en el olivo es lo suficiente como para que el producto llegue de forma significativa hasta la parte aérea.

El presente trabajo trata de valorar este fenómeno, utilizando planta de un año de cuatro variedades de olivo.

Material y métodos

El material vegetal está compuesto por 60 plantas de olivo de 16 meses de edad de las variedades 'Alfafara', 'Arbequina', 'Blanqueta' y 'Villalonga'. Se trasplantaron el 14 de febrero de 2000, a macetas de 22 cm de diámetro que contenían una mezcla de turba, arena y tierra de huerta franco arcillosa; toda la experiencia se continuó manteniendo el material vegetal dentro del invernadero.

Se efectuó un seguimiento del consumo de agua, floración, rebrotes y medidas de altura y diámetro de tronco, comprobando que todas habían arraigado normalmente.

Se realizaron 3 aplicaciones de simazina mediante subirrigación, a la dosis de 1 ó 6 ppm. El primer tratamiento se realizó el 3 de octubre de 2000. El segundo y tercero, los días 25 de enero de 2001 y 28 de febrero de 2002. El procedimiento de subherbigación consistió en sumergir las macetas en unas cubetas que contenían una solución de agua con el herbicida a las dosis citadas. En las cubetas se colocaba una repetición de cada variedad. Cuando se observó que la superficie del sustrato aparecía humedecida (20 horas aproximadamente) se sacaron las macetas y se dejaron drenar sobre la cubeta. Con los testigos, se procedió de la misma forma, pero actuando sólo con agua. Se hicieron 5 repeticiones por tratamiento en la 1ª y 3ª fecha y 3 repeticiones en la segunda.

A los 35, 112, 147 y 224 días después de la primera subherbigación (tratamiento), se tomaron muestras de hojas y ramillas. El segundo tratamiento se realizó, muestreando en dos de las fechas indicadas anteriormente, es decir a los 147 ddt (días después del primer tratamiento) y 224 ddt, que se corresponden aproximadamente con los 35 y 112 días después del segundo. Las muestras del tercero se tomaron a los 35 días des-

pués del tratamiento. Se debe señalar, que las muestras una vez tomadas se llevaban al congelador (-32 °C) hasta el análisis.

La parte grasa de los frutos del olivo, con un contenido superior al 5% se extrajeron mediante Soxhlet. A continuación, esta parte lipídica se purifica por cromatografía de permeación en gel y los residuos de simazina se determinan por cromatografía de gases con detector NPD. Los resultados se confirmaron posteriormente por CG/MS/MS.

A pesar de que la cosecha de aceituna, por la edad de la planta, fue muy escasa, el 4 de septiembre del 2001, se recolectaron juntas las aceitunas de las cinco repeticiones, de todas las variedades, separando los testigos de los tratados.

Resultados

Los resultados del análisis de la simazina en las ramillas se encuentran en la tabla n.° 1.

Se detectó el herbicida, después del primer tratamiento, lo mismo el producto madre que su principal derivado desalquilado, a los 35 días, y no en el resto de fechas, en las cuatro variedades, pero sólo a la dosis elevada, es decir, a 6 ppm, y no a la baja de 1 ppm. También en el tercer tratamiento se detectó simazina, pero en este caso, solo en la variedad 'Villalonga' a la dosis más elevada (6 ppm).

En el primer tratamiento, el orden de concentraciones crecientes encontradas de

Cuadro 1. Valores (ppm) de simazina/desisopropil atrazina en hojas de olivo de 4 variedades

Table 1. Values (ppm) of simazine/desisopropyl atrazine in olive leaves of 4 varieties

Orden Tratam.	Fecha de Tratam.	Muestreo	ddt (*)	Dosis ppm	VARIEDADES Alfafara	Arbequina	Blanquilla	Villalonga
				0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1.°	03-10-00	08-11-00	35	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	6,85/14,26	1,71/2,98	4,21/7,11	2,33/3,26
		24-01-01	112	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		01-03-01	147	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		17-05-01	224	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2.°	25-01-01	01-03-01	35	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		17-05-01	112	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3.°	28-02-02	04-04-02	35	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				6	n.d.	n.d.	n.d.	1,61(**)

(*) ddt : días después de los tratamientos.

(**) simazina.

n.d.: no se detecta.

simazina y des-isopropil atrazina, por variedades, es el siguiente: 'Arbequina', 'Villalonga', 'Blanquilla' y 'Alfafara'. Se debe señalar, que la concentración encontrada del metabolito analizado es superior a la del producto madre, en las cuatro variedades.

No se detectó simazina en el aceite procedente de las aceitunas tratadas con cualquier dosis.

Conclusiones

La variedad 'Alfafara' ha dado resultados de concentraciones de simazina y desisopropil atrazina mayores, que en 'Arbequina', 'Blanquilla' y 'Villalonga'. Se quiere resaltar también que en las cuatro variedades el contenido en desalquil-atrazina es superior al de simazina.

Por los resultados encontrados, se ha comprobado en el olivo la absorción radicular de la simazina y su translocación en el apoplasto. Este hecho se ha podido cuantificar solamente a dosis elevadas, en uno de los tres tratamientos y en determinado momento. Sin embargo, la degradación de los productos hace que no siempre se puedan detectar. En este sentido, es razonable, que no se haya encontrado ni simazina ni su derivado des-alquilado, en el aceite, procedente de sus frutos.

GÓMEZ DE BARREDA *et al.* en varios trabajos (GÓMEZ DE BARREDA *et al.*, 1996; GÓMEZ DE BARREDA *et al.*, 1998) analizando aguas subterráneas encontraron siempre mayores concentraciones de simazina que de su derivado des-alquilado. En el presente trabajo sucede lo contrario, debido con toda probabilidad al distinto ritmo de movilidad y degradación en las dos rutas de transporte.

No obstante, se debe señalar, que la metodología utilizada en el presente trabajo potencia la absorción del herbicida por las raíces y su translocación xilemática.

Agradecimientos

Este trabajo, es parte de un proyecto de investigación financiado por el INIA, en el que colaboran técnicos del L.A. de la Generalitat Valenciana. A todos ellos, así como a Amparo Caballer, que ayudó en la fase de confección del escrito, se desea agradecer su ayuda.

Bibliografía

ASHTON F.M., BAYER D.E., DAY B.E., ELMORE C.L., FOY C.L., HARVEY W.A., JORDAN L.S., LANGE A.H., MANN J.D., MCHENRY W.B., 1967. Weed Control Workbook. University of California 104 pp.

DAY B.E., JORDAN L.S., 1961. Simazine a new herbicide for use in orange groves. California Citrograph 47, 1.

GAST A., KNUESLI E., GYSIN, 1956. Ueber Pflanzenwachstumsregulatoren. 2. Mitteillung: Ueber witere phytotoxische Triazine. Experientia 12, 146.

GÓMEZ DE BARREDA D., LORENZO E., DEL BUSTO A., RAMOS J., PIQUER J., LIDÓN A., GÓMEZ DE BARREDA D. JR., 1996. Contamination of irrigation well water by residual herbicides in spanish citrus areas. Proc. Fla. State Hort. Soc. 109: 86-88.

GÓMEZ DE BARREDA D. JR., GAMÓN M., LORENZO E., SAEZ A., GÓMEZ DE BARREDA D., GARCÍA DE LA CUADRA J., TEN A., PERIS C. 1998. Dissipation of some citrus selective residual herbicides in an irrigation well. Journ. of Cromatograpy A, 795, 125-131.

GÓMEZ DE BARREDA D., 2001. Vigilancia de la contaminación por plaguicidas en suelos y aguas en el área de Valencia. Phytoma España, 129, 72-74.

HILTON J.L., BOVEY R.W., HYLL U.M., MULLISON W.R., TALBERT R.E., 1974. Herbicide Handbook of the

Weed Science Society of America. Third Edition, 430 pp.

PASTOR M., 1990. El no laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar. Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía. Serie: Producción Vegetal n.º 8, 78 pp.

SAAVEDRA M., PASTOR M., 1996. Weed populations in olive groves under non- tillage and conditions of rapid degradation of simazine. Weed Research 36, 1-14.

SAAVEDRA M., PASTOR M., 1989. Control de malas hierbas resistentes y tolerantes a simazina y diuron en olivar. ITEA, 81: 51-60.

TOMLIN C.D.S. (Editor), 2000. The e-Pesticide Manual 2000-2001. British Crop Protection Council. ISBN 1 9001396-23-1.

VENCILL W.K. (Editor), 2002. Herbicide Hand book. Eight edition. Weed Science Society of America. 493 pp.

WORTHING C.R., WALKER S.B., 1983. The Pesticide Manual, Seventh edition. British Crop Protection Council, 695 pp.

(Aceptado para publicación el 23 de enero de 2003).

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2002 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario.

El día 9 de abril de 1987, la Junta Directiva de AIDA aceptando la propuesta del Jurado del Premio ITEA 1986 instituyó dos premios; uno para los artículos publicados en la sección de Producción Animal y otro para aquellos que aparezcan en la sección de Producción Vegetal.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2002. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 € cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



CIHEAM

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2001-02-03

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	BIOINFORMÁTICA: UTILIZACIÓN DE BASES DE DATOS GENÉTICOS EN MEJORA VEGETAL	17-21 Sep. 01	Zaragoza	IAMZ
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 01/ 16 Mayo 02	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/INIA/COI/IAMZ
	VIVEROS Y PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL PARA CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	19-30 Nov. 01	Guadalajara	IAMZ/MIMAM-CNMF
	SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN EN AGRONOMÍA: MODELIZACIÓN	14-25 Ene. 02	Zaragoza	IAMZ
	AGRICULTURA DE REGADÍO SOSTENIBLE: GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE ZONAS SEMIÁRIDAS	11-22 Mar. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	ELECCIÓN DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE SECANO MEDITERRÁNEAS. CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS	6-17 Abr. 02	Argel	IAMZ/ITGC/ ICARDA
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	10-14 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/OCDE
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DEL DROMEDARIO	4-15 Mar. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS EN PAÍSES MEDITERRÁNEOS	27-31 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ/FAO
	*ACUICULTURA	7 Oct. 02/ 4 Abr. 03	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	BRUCELOSIS	16-20 Sep. 02	Pamplona	IAMZ/Univ. Navarra/ FAO/OIE/ OMS-MZCP
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL: SISTEMAS Y TÉCNICAS	4-8 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE OVINOS Y CAPRINOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	9-20 Dic. 02	Túnez	IAMZ/INRAT
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJOS	13-24 Ene. 03	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	24-28 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE OVINO DE LECHE	7-11 Abr. 03	Valdepeñas/Ciudad Real	IAMZ/JCCM/ UCLM
	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE VACUNAS Y MEDICAMENTOS EN ACUICULTURA MEDITERRÁNEA	12-16 Mayo 03	Izmir	IAMZ/FAO/ MARA
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	26-30 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

(*) **Cursos de Especialización Postuniversitaria** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 02-03; 04-05; 06-07
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 01-02; 03-04; 05-06
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 01-02; 03-04; 05-06
- ACUICULTURA: 02-03; 04-05; 06-07
- ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 02-03; 04-05; 06-07
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 01-02; 03-04; 05-06

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	INCENDIOS FORESTALES: INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN	15-26 Oct. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MIMAM-DGCN
	GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PISCÍCOLAS EN AGUAS CONTINENTALES DE LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS	12-16 Nov. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO
	FUENTES ALTERNATIVAS DE AGUA PARA REGADÍO: CONDICIONANTES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES	10-14 Dic. 01	Zaragoza	IAMZ
	LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	19-23 Ene. 02	El Cairo	IAMZ/ARC-CLAC
	MEJORA DE HÁBITATS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS	18-23 Feb. 02	Zaragoza	IAMZ
	ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LOS RÍOS MEDITERRÁNEOS Y HERRAMIENTAS PARA SU GESTIÓN	8-19 Abr. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	GESTIÓN, RESTAURACIÓN Y APLICACIONES DE LOS HUMEDALES	13-24 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ
	*ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
	DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LAS REGIONES AGRÍCOLAS MEDITERRÁNEAS: IMPACTO Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	21 Oct./1 Nov. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II/ AECI
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	3-14 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA PESCA ARTESANAL EN EL MEDITERRÁNEO	9-13 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ/FAO-COPEMED
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	14-18 Oct. 02	Rabat	COI/IAMZ/ MADREF
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ/OMC
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS	17-21 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, DENOMINACIONES Y GESTIÓN	24-28 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	INNOVACIONES EN TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADOS AGROALIMENTARIOS	5-9 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2003. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal y Marketing Agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2003.

Los **cursos de corta duración** están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de inscripción pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)

Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org

www.iamz.ciheam.org

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA. Aptdo. 727. 50080 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos ..... Nombre .....

Dirección postal .....

Teléfono .....

Profesión..... Empresa de trabajo .....

Área en que desarrolla su actividad profesional .....

CUOTA ANUAL: Firma.

❑ Sólo una Serie de ITEA { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 27 €

❑ Ambas Series 36 €

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario

❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:

□□ □□□□□□□□□□□□□□ Fecha de caducidad: /

SR. DIRECTOR DE .....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.° ..... que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la "Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario".

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: ..... N.° .....

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Tipo de artículos que pueden ser enviados para su consideración al Comité de Redacción: se admite todo aquel que contribuya al intercambio de información profesional y trate de los más recientes avances que existan en las distintas actividades agrarias.

Una *información para autores* más detallada puede ser solicitada al Comité de Redacción. Rogamos sea leída detenidamente, prestando atención especial a los siguientes puntos:

CONDICIONES GENERALES

Los artículos, en castellano, serán enviados por triplicado a:
Sr. Director de la Revista ITEA - Apartado 727 - 50080 ZARAGOZA

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente.

Los artículos se remitirán a dos evaluadores anónimos expertos en el tema y el autor recibirá un informe del Comité de Redacción con las correcciones de dichos evaluadores. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete, para agilizar el trabajo en imprenta. Si el Comité de Redacción considera que se han atendido las consideraciones del informe, enviará una carta de aceptación al remitente, y el artículo pasará de inmediato a imprenta.

Los autores recibirán un juego de las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

El título no incluirá abreviaturas y será corto y preciso. En la misma página se incluirán los nombres completos de los autores, así como la dirección postal y nombre de la Entidad en donde se haya realizado el trabajo.

Se incluirá en primer lugar un resumen corto de 200-250 palabras y hasta seis palabras clave. Además, se añadirá un resumen en *inglés* de la misma extensión, sin olvidar el *título* traducido y las palabras clave (Keywords).

A continuación del resumen vendrá el artículo completo, procurando mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados.

Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben titularse todos *figuras*. Los *cuadros* y *figuras* deben llevar numeración diferente, pero ambos en cifras árabes.

Los pies o títulos de cuadros y figuras deben redactarse de modo que el sentido de éstos pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los títulos, pies y leyendas de los cuadros y figuras se traducirán al inglés y se incluirán en letra cursiva, bajo el correspondiente en español.

Los dibujos, gráficos, mapas, fotografías y diapositivas serán presentados en la mejor calidad posible.

En general se evitará el uso de abreviaturas poco conocidas, que en todo caso serán debidamente explicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el *texto* las referencias deben hacerse mediante el apellido de los autores en mayúsculas seguido del año de publicación, todo entre paréntesis.

Al final del trabajo, y precedida de la mención *Referencias Bibliográficas*, se hará constar una lista alfabética de todas (y únicamente) las referencias utilizadas en el texto. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor se ordenarán cronológicamente.

Cuando se citen revistas[1], libros[2], capítulos de libro[3] y comunicaciones a congresos[4] se hará según los siguientes ejemplos:

(1) HERRERO J., TABUENCA, M.C., 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei, 8 (1), 154-167.

(2) STELL, R.G.D., Y TORRIE, J.H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos (segunda edición) 622 pp. Ed. McGraw-Hill. México.

(3) GAMBORG O.L., 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, I.K. Vasil (Ed.), 825 pp. Ed. Academic Press, Orlando (EEUU).

(4) ANGEL I., 1972. The use of fasciculate form (determinate habit) in the breeding of new Hungarian pepper varieties. Third Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum, 17-24, Universidad de Turín (Italia).

ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

AÑO XXXIV (2003), Vol. 99V N.° 2

ÍNDICE

Página

J.A. DE JUAN, A. MOYA, S. LÓPEZ, O. BOTELLA, H. LÓPEZ, R. MUÑOZ.- Influencia del tamaño del cormo y la densidad de plantación en el rendimiento y la calidad de la producción de cormos de *Crocus sativus* L. 169

G. ECHEVERRÍA, M.L. LÓPEZ, J. GRAELL.- Compuestos aromáticos y calidad de manzanas 'fuji' durante su maduración en campo y posterior almacenamiento frigorífico 181

J.R. GISPERT FOLCH.- Influencia de la enmienda cálcico-magnésica en la producción y calidad de pradera natural de montaña con suelos ácidos 196

H.A. ALTUBE, R.S. RIVATA, M.G. ONTIVERO-URQUIZA, R.J. TABORDA.- Caracterización de variedades de almendro (*Prunus amigdalus Batsch*) mediante el polimorfismo enzimático 208

D. GÓMEZ DE BARREDA, M. GAMÓN, A. DEL BUSTO, A. IÑIGUEZ, A. TEN, J.M.ª VALDÉS, A. SAEZ, J. GARCÍA, L. SÁNCHEZ, I. PERIS, J.G.ª DE LA CUADRA.- Absorción radicular de simazina en cuatro variedades de olivo 214