ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

1999 – Vol. 95V N.º 3



I T E A

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

1999 - AÑO XXX
Vol. 95A N.º 3

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN
Montañana, 176 - Apartado 727
50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Tel.: 34-976 576311
Fax.: 34-976 575501
E-mail: alberti@mizar.csic.es
notivol@mizar.csic.es
joseluis@mizar.csic.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
SECRETARIOS: Serie Producción Vegetal: Pilar Andreu
Serie 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
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Carlos Zaragoza Larios

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Emilio Manrique Persiva
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: José Folch Pera
Miguel Cambra Álvarez
Ricardo Revilla Delgado
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Pere Albertí Lasalle
Dunixi Gabiña Iturriaga

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.

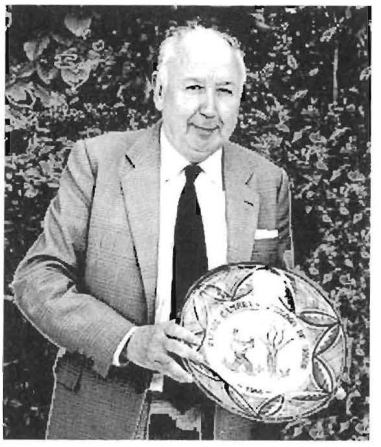
Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 1999 se publicarán los volúmenes 95A y 95V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 1999 será de 4.000 ptas. ó 24 € para una serie y de 5.500 ptas. ó 33 € para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)



EN RECUERDO A RAFAEL CAMBRA, POMÓLOGO DE HONOR

Rafael Cambra, Pomólogo de Honor. Así reza la inscripción en el plato de cerámica de Muel que, con motivo de su jubilación, le entregamos en el acto de despedida organizado conjuntamente por los Departamentos de Pomología de la E.E. de Aula Dei y Fruticultura del S.I.A. en 1988.

Falleció en su casa de Zaragoza el 9 de octubre de 1999.

Rafael, como su hermano Mariano, ha sido un investigador que ha dejado una importante huella de su trabajo durante el largo período de años que permaneció en el Departamento de Pomología de la Estación Experimental de Aula Dei, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Hijo de un conocido viverista de plantas ornamentales y frutales de Zaragoza, arrastró su afición por esos dos grupos de plantas a lo largo de toda su vida, incluso después de jubilado. Sorprendía a propios y extraños el que su titulación fuera la de Dr. en Derecho, pues se movía en el mundo de las plantas frutales y ornamentales con gran soltura profesional.

El Departamento de Fruticultura del, entonces, C.I.D.A.D.E., hoy del S.I.A., tuvo la suerte de trabajar en el Departamento de Pomología durante los primeros diez años de su existencia, integrado en el prestigioso equipo que entonces formaba su plantilla de Pomología. Con tal motivo, el área de actividad que yo desarrollaba hizo que tuviera que pasar muchas horas de trabajo con él, aprovechando su experiencia y conocimientos. Recuerdo que me introdujo, bajo la dirección de Joaquín Herrero, en el mundo de la compatibilidad de injerto y ambos pasamos muchas horas aserrando y observando uniones de injertos, él de frutales y yo de almendro. Los comentarios y consultas de lo que iba apareciendo, daban pie a muchas informaciones sobre las uniones y sobre los patrones. Rafael no

se reservaba sus conocimientos y, de esta forma, me fue pasando sin reservas su amplia experiencia.

En su trabajo con patrones frutales, ensayó el comportamiento de clones pertenecientes a todas las especies frutales, pero sus trabajos más importantes los realizó en el área de la selección, principalmente entre las especies de frutales de hueso. Los resultados de algunos de sus trabajos no le llevaron al hallazgo de materiales (clones) que, honestamente, mereciese la pena difundir, por lo que sólo llegaron a ver la luz (los que lo hicieron) en forma de publicación de los ensayos realizados con ellos. En otras ocasiones, los resultados de esos trabajos fueron positivos y algunos de los clones que él consideró útiles se encuentran hoy en fase de difusión comercial. Trabajó con innumerables clones de mirobolán, de otros ciruelos, entre los que se encuentran los "pollizos de Murcia", de guindos (Mastos de Montañana y otros) y de tipos espontáneos de híbridos entre almendro y melocotonero. De los últimos recogió clones procedentes de casi todas las regiones españolas en que las dos especies se encuentran presentes. Los principales patrones que él seleccionó y hoy tienen difusión comercial, considerándose muy interesantes, son 'Adafuel' y 'Adesoto', pero participó de forma muy importante en el estudio y selección de otros que se han descrito y registrado después de su jubilación.

Rafael ha dejado numerosas publicaciones. Entre ellas las hay científicas, que le han hecho acreedor a un merecido puesto entre los científicos de la fruticultura, y de divulgación, que han sido de gran utilidad para el sector. No me resisto a mencionar la que junto con su hermano Mariano, ha sido reeditada en numerosas ocasiones; se trata del Cuaderno Nº 1 de la E.E. de Aula Dei "Diseños de Plantación y Formación de Árboles Frutales", del que se han publicado decenas de miles de ejemplares y ha dado la vuelta al mundo.

Su afición conjunta por los frutales y las ornamentales le llevó a trabajar en sus ratos libres y a publicar un documentado libro sobre los frutales con valor ornamental. Después de su jubilación ha paseado los jardines y parques de Zaragoza, recogiendo informaciones sobre las plantas que en ellos se utilizan y el tratamiento, no siempre adecuado, a que son sometidas. En varias ocasiones le hemos comentado que sería bueno el que vertiese esas notas en una publicación, no como crítica negativa sino como orientación para los que, teniendo afición e interés en el tema, no disfrutamos de sus conocimientos. Parece que últimamente estaba trabajando en ello.

Miembro destacado de nuestra Asociación, fue socio fundador de la misma y perteneció a la primera Junta Directiva que se constituyó el 26 de junio de 1967 como vicepresidente 2º, continuando después como vicepresidente 1º y vocal en sucesivas Juntas hasta el 8 de mayo de 1979. Participó en la organización de las XVII Jornadas de Estudio de AIDA de 1985 "El material vegetal en la producción frutal" y recibió el primer premio ITEA en 1983 con su artículo "Colección de variedades de manzano de la Estación Experimental de Aula Dei".

Es indudable que su fecunda labor científica y profesional no puede quedar reflejada en estas pocas líneas, por lo que quienes conocen sus trabajos echarán de menos aspectos que no se han reflejado. La intención ha sido dedicar un recuerdo a su labor como investigador y a su perfil humano. Es un hecho que el compartir cosas crea lazos de unión entre las personas. Rafael y yo hemos compartido muchos ratos, los conocimientos que él me trasmitió y, con ellos, una buena amistad.

Queda tu recuerdo en el agradecimiento por lo que nos diste.

Antonio J. Felipe

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 3, 209-217

EL CONCEPTO DEL IDEOTIPO EN LA MEJORA DE PATRONES PARA EL ALMENDRO

A.J. Felipe
R. Socias i Company
J. Gómez Aparisi

Unidad de Fruticultura S.I.A.-D.G.A.
Apartado 727
50080 Zaragoza
España

RESUMEN

En los frutales, cada árbol es un complejo genético constituido por la asociación de dos componentes: variedad y patrón, que deben convivir en simbiosis. Las características del patrón son menos conocidas que las de la variedad, por lo que, frecuentemente, se ha descuidado su selección y elección, habiendo sido tradicionalmente utilizados como patrones para el almendro las plantas procedentes de semillas de origen desconocido. Los trabajos realizados con patrones durante la segunda mitad del presente siglo han permitido detectar los problemas que presentan los patrones normalmente utilizados, así como las posibilidades de lograr otros nuevos que eliminen, o reduzcan, esos defectos observados en los patrones tradicionales. Por ello se revisan las características que debería poseer un patrón ideal para el almendro en los diversos aspectos de la producción de plantones y del cultivo: manejo en vivero (buena propagación y morfología adecuada), compatibilidad del injerto, buenas cualidades agronómicas (vigor y tamaño, buen comportamiento en secano o en regadío, anclaje, emisión de sierpes), resistencias a factores bióticos y abióticos, buen estado sanitario de las plantas madres.

Palabras clave: Almendro, Características, Comportamiento, Patrones, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY
THE IDEOTYPE CONCEPT IN ALMOND ROOTSTOCK BREEDING

Fruit trees, including almond, are complex individuals made up by the symbiotic scion/rootstock association. These two components interact mutually depending on their genotype and the environmental influence. Rootstock characteristics, however, have been less studied than those of the scion; consequently, rootstock selection has been somehow neglected and, traditionally, almond seedlings from unknown origin have been used. During the last fifty years, many studies and trials have been conducted on different types of rootstocks for almond. Their results have allowed to detect several problems that arise when traditional rootstocks are used, but also to study the possibilities to select new clones to eliminate, or reduce, the defaults of the currently used rootstocks. Thus the main desirable characteristics of an ideal almond rootstock have been reviewed, stressing the points related to nursery management (propagation and on line behaviour), graft compatibility, orchard management (tree growth and

size, agronomic behaviour in irrigated and non-irrigated conditions, plant anchorage, sucker emission), resistance to physical conditions and biotic agents, and sanitary status of the mother plants for propagation.

Key words: Almond, Breeding, Characteristics, Performance, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

El cultivo del almendro, como el de otras especies frutales, se caracteriza porque cada árbol es un complejo genético formado por dos partes complementarias pero distintas, a las que se obliga a vivir en simbiosis mediante el injerto: el patrón que aporta el sistema radicular, subterráneo, y la variedad que constituye la parte aérea. En ocasiones este ser compuesto se complica, todavía más, debido al uso de un tercer componente situado como intermediario entre la raíz y la variedad. En almendro esta aplicación no se utiliza nunca.

Al planificar una plantación, deben conocerse y tenerse en cuenta para la elección del material vegetal a plantar, las características específicas de la parcela en sus componentes de microclima y suelo para determinar, consecuentemente, la variedad y el patrón cuya combinación pueda dar lugar al mejor rendimiento económico de la explotación. La variedad es la parte más conocida del árbol, porque su morfología, características y exigencias (época de floración, condiciones de la polinización, hábito de vegetación, etc.) son evidentes, así como también lo son sus frutos. Por el contrario, las características del patrón son menos aparentes y conocidas y, por ello, suelen ser menos tenidas en cuenta. Sin embargo, el sistema radicular compone, desde todos los puntos de vista, una proporción muy importante para el correcto funcionamiento del árbol en su conjunto. Es frecuente que se reflexione poco en lo referente a la elección del patrón, aún cuando la rentabilidad de la plantación depende, en buena parte, de la adaptación del sistema radicular a las condiciones del suelo en que se le coloca para toda la vida de la planta, ya que su cambio o sustitución es sólo posible mediante el arranque.

Los patrones para el almendro

La identidad genética de las variedades se ha podido mantener en almendro desde hace mucho tiempo por medio del injerto. No ha ocurrido lo mismo con los patrones, que han sido tradicionalmente los francos procedentes de almendras amargas de origen poco preciso y con una marcada variabilidad. El uso de patrones procedentes de almendras amargas se ha debido, en parte, para dar una salida a esta producción marginal y también por la creencia de que su resistencia a sequía y a ciertas plagas es mayor que las de los patrones procedentes de semillas dulces. Sin embargo, estos patrones presentan, como consecuencia de su origen, una diversidad genética que se traduce en el diferente comportamiento de los árboles que componen la plantación.

Posteriormente se utilizaron semillas de algunas variedades que producen patrones relativamente homogéneos y con aceptables características viverísticas; es el caso

de 'Desmayo Rojo', 'Garrigues' y 'Atocha' en España. Recientemente, se ha procurado la búsqueda de variedades productoras de semillas con vistas a la obtención de francos con mejores características (OLIVIER y GRASSELLY, 1988). En California, con la generalización del cultivo del almendro en regadío, se introdujo el uso de francos de melocotonero (*P. persica* (L.) Batsch), procedentes de algunas variedades destacadas, como 'Lovell' o 'Nemaguard', pero tampoco éstos han llegado a resolver completamente el problema de la heterogeneidad de comportamiento de los patrones. Los intentos de obtención y selección de un patrón clonal de la especie almendro ha tropezado con el problema de la difícil propagación vegetativa de esta especie (FELIPE, 1983 y 1992; KESTER y SARTORI, 1966; NICOTRA y PELLEGRINI, 1989), por lo que los primeros intentos de utilizar patrones clonales para el almendro se hicieron con diversas selecciones de ciruelos, especies que en general son de más fácil propagación vegetativa, de buena adaptación a suelos que plantean problemas de asfixia, de hongos y otros. Pero estos patrones son más exigentes en lo referente a la frecuencia y sistema de riegos y no son válidos para el cultivo en secano. Teniendo en cuenta que el cultivo sin riego representa una proporción muy elevada de las plantaciones de almendro en los países mediterráneos, tradicionalmente productores de este fruto, y que, además, los patrones de la especie ciruelo presentan frecuentes casos de incompatibilidad al ser injertados con variedades de almendro (FELIPE, 1970; FELIPE y HERRERO, 1977; GRASSELLY, 1969; KESTER y HANSEN, 1964; KESTER *et al.*, 1965), este tipo de patrones ha sido poco utilizado. Sin embargo, algunos clones de ciruelo presentan buena compatibilidad con almendro y pueden ser utilizados en regadío, como es el caso de los "pollizos" (FELIPE, 1976) originarios y utilizados principalmente en el S.E. de España, de los que existen recientes selecciones clonales (FELIPE *et al.*, 1994).

Otro grupo de patrones para almendro, utilizable tanto en secano como en regadío, es el que componen los híbridos entre almendro y melocotonero, grupo que ofrece buenas perspectivas en este sentido y en el que se trabaja de forma importante en varios países (CAMBRA, 1979; FELIPE *et al.*, 1995; GRASSELLY y DAMAVANDY, 1974; KESTER y ASAY, 1986). Desde mediados del decenio de los sesenta, se han llevado a cabo, por nuestro equipo de Zaragoza, diferentes trabajos sobre material vegetal de almendro, entre los que los referentes a patrones ocupan un lugar destacado. La experiencia y conocimientos adquiridos como resultado de varios trabajos y ensayos (BLASCO y FELIPE, 1981; FELIPE 1970 y 1976; FELIPE y HERRERO, 1977) facilitó la definición de diferentes problemas que los patrones en uso presentaban para el cultivo del almendro y algunas de las características que éstos deberían tener para solucionarlos. La experiencia acumulada a lo largo de esos trabajos ha permitido establecer las características que debería reunir el que podría considerarse como el patrón ideal para almendro, concepción global que se ha tenido en cuenta al establecer un programa de mejora genética.

Sin embargo, ninguna selección puede ofrecer por el momento, de una manera general, la consecución de todos los objetivos. Se puede, a pesar de ello, realizar selecciones que en cada zona satisfagan, de forma más o menos completa, las exigencias de los aspectos prioritarios para cada modalidad de cultivo (secano o regadío, tradicional o intensivo, presencia o no de nematodos y otros patógenos del suelo, etc.), avanzando así en la mejora del material vegetal en uso. Esta visión general y

los requisitos que debe reunir el material vegetal de cultivos leñosos, viene muy bien estructurada por la concepción del ideotipo (DONALD, 1968), por lo que, después de haber considerado éste en la mejora de cultivares de almendro (SOCIAS i COMPANY *et al.*, 1997), vamos a aplicar el mismo concepto a las características propias de los patrones.

El ideotipo del patrón

En el cuadro 1 se relacionan las características que debería poseer y que permiten definir al patrón ideal para el cultivo del almendro en nuestras condiciones. A continuación se comentan estas características.

Características viverísticas

Aptitud para la propagación

Tanto si es propagado por semilla como vegetativamente, un patrón selecto debe ser fácilmente propagable, mostrando: alta capacidad de germinación de las semillas en el caso de propagación sexual o buena capacidad de enraizamiento de los distintos tipos de estaquillas en el de propagación asexual o vegetativa. En ambos casos, las nuevas plantas deben tener un sistema radicular bien ramificado y distribuido.

En la mayor parte de los programas de mejora en curso, es objetivo prioritario el que la propagación mediante estaquillas leñosas sea fácil (como método más económico entre los vegetativos) y se logre con ella un alto porcentaje de plantas. Sin embargo, aunque siga siendo un aspecto prioritario, no debe considerarse como excluyente ya que las técnicas de propagación *in vitro* permiten en la actualidad propagar patrones interesantes que hasta hace poco no eran comercializados por su dificultad de multiplicación.

El hábito vegetativo de las plantas es importante en los trabajos necesarios para la propagación y crianza de las plantas de vivero. El crecimiento erecto y poco ramificado de las plantas productoras de estaquillas facilita la confección de éstas y, por tanto, reduce los costes de su preparación. El aspecto de las hojas, si marca diferencias de aspecto con las variedades a injertar, facilita y abarata los trabajos de supresión de rebrotes de patrón cuando, tras la realización del injerto, inicia su crecimiento la variedad.

Comportamiento en vivero

Las características vegetativas: número de anticipados en la zona de injerto, crecimiento más o menos erecto en vivero, etc., son aspectos de importancia económica que pueden influir en el coste de producción de los plantones y por ello deben ser tenidas también en cuenta durante el proceso de selección.

Las plantas deben tener un crecimiento erguido y estar poco ramificadas en la parte baja para ser fácilmente injertables y han de admitir fácilmente el injerto durante el más largo período de tiempo posible.

Compatibilidad

Un patrón comercial debe ser compatible con todas o la mayoría de las variedades de la especie para la que se ha seleccionado. En almendro, la compatibilidad de injerto es general cuando se usan patrones

CUADRO 1
IDEOTIPO DEL PATRÓN DEL ALMENDRO

CARACTERÍSTICAS VIVERÍSTICAS

Buena aptitud para su propagación:

- Por semilla:
  - Capacidad germinativa elevada
  - Producción de planteles homogéneos
- Vegetativamente:
  - Facilidad de enraizamiento
  - Realización de estaquillas fácil y barata
- En ambos casos deben tener sistemas radiculares bien ramificados y distribuidos.

Comportamiento en vivero:

- Hábito de vegetación (porte y ramificación): erecto y con pocos anticipados.
- Fácil de diferenciar de las variedades

COMPATIBILIDAD

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Comportamiento en plantación:

- Buen prendimiento al transplante
- Uniformidad de desarrollo y comportamiento entre plantas
- Vigor y tamaño definitivo de la planta, adecuado a las condiciones de cultivo
- Inducción de precocidad y productividad a la variedad injertada
- Eficiencia respecto al uso de agua y nutrientes
- Buena adaptabilidad a suelos con problemas no graves
  - Suelos compactos
  - Suelos calizos
- Resistencias a factores físicos adversos
  - Resistencia a la sequía en los seleccionados para el cultivo en secano
  - Resistencia a asfixia de raíces y cuello
- Resistencias a patógenos diversos del suelo
  - Nematodos
  - *Capnodis* (Gusano cabezudo)
  - *Agrobacterium*
  - *Verticilium*
  - *Armillaria*
- Buen anclaje
- Tendencia, nula o mínima, a producir sierpes

ESTADO SANITARIO SATISFACTORIO

- Libres de virosis conocidas

pertenecientes a las especies almendro y melocotonero, así como los híbridos entre ambas especies. Con los ciruelos de crecimiento lento, pertenecientes a las especies *P. domestica* L. y *P. insititia* L., se producen frecuentes casos de incompatibilidad localizada y con los ciruelos diploides de crecimiento rápido (*P. cerasifera* Ehrh., *P. salicina* Lindl., mariana, etc.) la incompatibilidad traslocada es la norma, existiendo

algunas excepciones que, generalmente, no llegan a ser útiles a nivel comercial.

La posibilidad de disponer de patrones polivalentes, compatibles con variedades de diferentes especies frutales resulta de alto interés, pues ello facilita notablemente el trabajo al viverista y la elección al agricultor.

Características agronómicas

El estudio de las características agronómicas exige un largo período de años en el que, mediante numerosos ensayos de comportamiento agronómico, controles de resistencias y sensibilidades, etc., llegan a conocerse muchos aspectos del comportamiento de los patrones. Los conocimientos adquiridos serán tanto más fiables cuantos más ensayos se hayan realizado y más equipos especializados en cada tema hayan intervenido en su estudio y comprobación.

Capacidad de trasplante

Los fallos de plantones, como consecuencia del estrés que sufren en el trasplante, causan problemas de homogeneidad a las plantaciones y retrasos en su rentabilidad. Por ello es deseable que los patrones sean capaces de reaccionar favorablemente tras el período que transcurre desde el arranque del vivero hasta la plantación en campo. Los francos de almendro son, generalmente, sensibles al trato poco cuidadoso en esta operación.

Vigor y tamaño definitivo de la planta

La capacidad para influir en el tamaño del árbol y hacerlo más asequible para las operaciones de poda, recolección y tratamientos fitosanitarios, es una característica de gran interés para facilitar el cultivo reduciendo costes en casi todas las especies frutales. En almendro, la reducción drástica de tamaño es menos buscada que en otras especies, sin embargo no escapa a ciertas apetencias según las condiciones de cultivo. Para secano se requieren patrones vigorosos, capaces de hacer crecer y producir a las plantas en condiciones poco favorables. Para regadío no se requieren patrones vigorosos, pero son interesantes los que imprimen un buen desarrollo durante los primeros años, acortando con ello el período improductivo.

Uniformidad de desarrollo y comportamiento de la planta

Este es el comportamiento habitual que inducen los patrones clonales, pero que no siempre se logra con los que proceden de semilla (francos) debido a su heterogeneidad genética que influye, en mayor o menor grado, en las diferencias de desarrollo entre plantas.

Longevidad de la planta

La duración de la vida productiva que el patrón induce a la planta ha de alcanzar un número de años suficiente para hacer económicamente interesante su cultivo. En condiciones favorables, el melocotonero como patrón reduce la edad que pueden alcanzar los almendros, los cuales, injertados sobre sus propios francos tienen una larga vida cuando las condiciones de suelo son favorables. La longevidad de los almendros injertados sobre híbridos almendro x melocotonero no se conoce todavía por lo reciente de su introducción, pero se

supone que será intermedia entre la que inducen las dos especies.

Precocidad y productividad inducidas a la variedad

El patrón debe inducir a la variedad la entrada en producción en el menor número de años posible, cosa que en almendro no suele ser problema por su rápida llegada a la edad de inicio de la floración y producción. La producción de fruta debe ser constante a lo largo de los años, elevada y de calidad satisfactoria.

Eficiencia en el uso del agua y nutrientes

Existen marcadas diferencias entre patrones en lo referente a su capacidad de captación del agua y de los nutrientes existentes en el suelo. Una buena eficiencia en el uso del agua del suelo permite a las plantas afrontar con menos sufrimiento las situaciones de estrés hídrico, que frecuentemente se produce durante el verano mediterráneo en las plantaciones de secano. La buena eficiencia se traduce en un mayor crecimiento y/o una mayor productividad.

Adaptabilidad a las condiciones del suelo

Un buen patrón debe poder vegetar, en buenas condiciones, en el abanico más amplio posible de situaciones. Unas exigencias muy concretas por parte del patrón limitan excesivamente la posibilidad de su utilización comercial.

Resistencia a asfixia radicular y del cuello

El patrón debe permitir a la planta sobrevivir en situaciones de encharcamientos producidos por riegos, lluvias superiores a las normales o inundaciones. En general, el almendro es sensible a estas situaciones produciéndose mortandades importantes en condiciones que otras especies frutales son capaces de soportar. Las raíces de melocotonero resisten algo mejor, pero también precisan de suelos con buen drenaje. En los patrones híbridos entre las dos especies citadas se ha observado una notable variabilidad entre clones, pero en conjunto se comportan de una forma cercana a las dos especies que los forman.

Resistencia a patógenos

El patrón debe proporcionar resistencia a los distintos patógenos, tanto animales (insectos o nematodos) como a criptógamas (hongos del suelo o bacterias).

En cuanto a nematodos, existen buenas fuentes de resistencia a *Meloidogyne* en algunas variedades de almendro (KOCHBA y SPIEGEL-ROY, 1976) y, más completa todavía, en algunas de melocotonero (RAMMING y TANNER, 1983), siendo un carácter dominante que se transmite a la descendencia (KOCHBA y SPIEGEL-ROY, 1975).

Para los otros patógenos del suelo, como es el caso de la resistencia a *Capnodis* (D'HALLEWIN *et al.*, 1992), no se dispone en almendro y melocotonero, de fuentes de resistencia similares a las de los nematodos *Meloidogyne*, aunque se dan ciertos casos de mayor o menor tolerancia a algunos de los patógenos considerados.

Respecto a hongos patógenos, no se dispone de buenas fuentes de resistencia, aunque se conoce que, entre los posibles patrones, son más tolerantes los ciruelos.

En cuanto a la resistencia a *Agrobacterium*, se observa una notable variabilidad de comportamiento entre especies y clones, por lo que un trabajo sistemático de ensayos de resistencia podrá proporcionar clones de comportamiento aceptable en este aspecto.

Anclaje

Las raíces deben ser poco frágiles y con buena distribución del sistema radicular, lo que hace que la planta tenga un mejor agarre al suelo y mayor estabilidad en caso de vientos fuertes o desigual reparto de la carga. Al mismo tiempo, esa buena distribución del sistema radicular le permite explorar y explotar mejor los recursos del suelo.

No serpear

La producción abundante de sierpes o rebrotes de raíz causa al fruticultor problemas de manejo de la plantación y somete a la planta a riesgos de infecciones por enfermedades como consecuencia de las heridas producidas en su eliminación.

Estado sanitario

En el momento presente no debe considerarse terminada una selección o una obtención de un programa de mejora genética hasta que se ha comprobado que los nuevos clones que se pretende difundir disfrutan de un estado sanitario satisfactorio, libres de virosis conocidas, evitando con ello problemas de compatibilidad, de falta de vigor, de deformidades de frutos, etc. que suelen producirse al utilizar plantas afectadas por determinadas virosis.

Conclusiones

En algunos de los aspectos citados, se ha avanzado notablemente en la consecución de plantas con buen comportamiento, como son: la capacidad de propagación en patrones clonales, la resistencia a nematodos *Meloidogyne*, etc. En otros, sin embargo, se continúa todavía sin encontrar fuentes de aportación de la característica deseada o de resistencia, como es el caso de la sensibilidad a *Armillaria* o a *Capnodis*, patógenos para los que no se han encontrado todavía fuentes de resistencia transmisibles a las descendencias.

En algunos de los otros aspectos citados, cuya mejora del comportamiento sería interesante, se han logrado avances más o menos notorios con algunos de los patrones en vías de selección o, incluso, con algunos de los que ya se ha iniciado su comercialización. Sin embargo, no cabe duda que la continuidad de los Programas de Mejora en curso ha de permitir avanzar más en la solución de muchos de los problemas que se plantean todavía al cultivo en la actualidad.

Agradecimientos

Trabajo realizados al amparo del proyecto INIA 9530.

Bibliografía

BLASCO A. B., FELIPE A. J. 1981. Cropping efficiency in almond: a rootstock trial under irrigation. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 1981/I: 137-138.

CAMBRA R. 1979. Selección de híbridos espontáneos de almendro x melocotonero. Inf. Técn. Econ. Agrar. 34: 49-55.

D'HALLEWIN G., MULAS M., PELLIZZARO G. 1992. Results of two years observation on bitter almond rootstocks selection. Rap. EUR 14081: 229-232.

DONALD C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. Euphytica 17: 385-403.

FELIPE A. J. 1970. Ensayo en vivero de patrones de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 1: 165-167.

FELIPE A. J. 1976. Compatibilidad entre cultivares de almendro y patrón de ciruelo 'pollizo'. I Congr. Int. Almendra y Avellana, pp. 331-336.

FELIPE A. J. 1983. Bouturage ligneux de l'amandier. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 1984/II: 97-100.

FELIPE A. J. 1.992. Aptitude pour la propagation chez l'amandier 'Garrigues' et sa descendence. Rap. EUR 14081: 73 - 79.

FELIPE A. J., GÓMEZ APARISI J., SOCIAS i COMPANY, R. 1.994. "Pollizo plum", a rootstock for almond: preliminary results. Acta Hortic. 373: 99-103.

FELIPE A. J., GOMEZ APARISI J., SOCIAS i COMPANY, R. 1.995. Obtención y selección de nuevos hibridos almendro x melocotonero. VI Congr. SECH, Resúmenes, pp 103.

FELIPE A. J., HERRERO J. 1.977. Ensayos de patrones para el cultivo de almendro en regadío. An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg. 7: 113-124.

GRASSELLY C. 1969. Etude de la compatibilité de l'amandier (*Prunus amygdalus* Batsch) greffé sur divers pruniers. Ann. Amélior. Plantes 19(3): 265-276.

GRASSELLY C., DAMAVANDY H. 1974. Etude des posibilités de production d'hybrides F_1 intra et interespecifiques chez le sous-genre *Amygdalus*. II Combinaisons reciproques: *Prunus amygdalus* et *Prunus persica*. Ann. Amélior. Plantes 24(4): 405-414.

KESTER D. E., ASAY R. N. 1986. 'Hansen-2168' and 'Hansen-536': Two new *Prunus* rootstock clones. HortScience 21(2): 331-332.

KESTER D. E., HANSEN C. I. 1964. Compatibility of almond varieties on Mariana-2624 plum rootstocks. Calif. Agric. 18(9): 8-10.

KESTER D. E., HANSEN C. I., PANETSOS, C. 1965. Compatibility of almond varieties on Mariana 2624 plum rootstocks. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86: 169-177.

KESTER D.E, SARTORI E. 1966. Rooting of cuttings in populations of peach, *P. persica* L., almond, *P amygdalus* Batsch and their F_1 hybrids. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 219-223.

KOCHBA J., SPIEGEL-ROY P. 1975. Inheritance of resistance to the root-knot nematodes in bitter almond progenies. Euphytica 24: 453-457.

KOCHBA J., SPIEGEL-ROY P. 1976. Alnem 1, Alnem 88, Alnem 201: nematode resistant roostock seed sources. HortScience 11: 270.

NICOTRA A., PELLEGRINI M. 1989. Almond rootstocks breeding for easy propagation. Options Méditerr., Sér. Semin. 5: 51-60.

OLIVIER G., GRASSELLY C. 1.988. Amélioration des semis d'amandier porte-greffes. Etat d'avancement des travaux. Rap. EUR 11557: 111-115.

RAMMING D. W., TANNER O. 1983. 'Nemared' peach rootstock. HortScience 18: 376.

SOCIAS i COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCÍA J.E., DICENTA F. 1.997. El concepto del ideotipo en la mejora de cultivares de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 93V (3): 164-176.

(Aceptado para publicación el 15 de marzo de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.º 3, 218-240

EFECTO DEL DÉFICIT DE SUMINISTRO DE AGUA EN EL RENDIMIENTO Y EN LA CALIDAD DE UN CULTIVO DE MAÍZ DULCE

J.A. De Juan Valero*[1]
C. Fabeiro Cortés*
F.J. Martín de Santa Olalla Mañas*
H. López Córcoles**

* Departamento de Producción Vegetal
y Tecnología Agraria
Universidad de Castilla-La Mancha
Campus Universitario, s/n
02070 Albacete
** Instituto Técnico Agronómico Provincial
(ITAP, S.A.)
Ctra. Madrid, s/n
02080 Albacete

España

RESUMEN

Existe un gran interés por la obtención de las funciones de producción respecto al agua recibida por los cultivos para optimizar el empleo de un recurso escaso y caro en las áreas regables de Castilla-La Mancha. Este hecho ha motivado que se estudien las respuestas productivas, cuantitativa y cualitativa, del cultivo de maíz dulce (*Zea mays* L. var. *rugosa* Bonaf, cv.'Jubileo') sometido a diferentes estrategias de programación de riego: deficitarias, deficitarias controladas y excedentarias.

El déficit hídrico produjo una notable reducción de los componentes del rendimiento cuantitativo (número de mazorcas comerciales por hectárea y peso medio unitario de las mismas), de las producciones de biomasa seca total aérea, de los rendimientos de mazorcas comerciales y de grano tierno, del índice de cosecha y de las dimensiones de la mazorca, pero mejoró el contenido de sólidos solubles (°Brix) del grano tierno y acortó su período de maduración comercial.

Las relaciones que mejor se ajustaron a los datos experimentales de la producción de materia seca total aérea, y rendimientos de mazorcas comerciales y de grano fresco, respecto al agua estacional (riego + lluvia efectiva) fueron de tipo expopolinómica de tercer grado, con valores de R^2: 0,97-0,98. Se observaron valores máximos de las variables de producción con volúmenes estacionales de agua comprendidos entre 385 y 410 mm.

El agua de riego parece que se aprovecha mejor durante el encañado y la maduración comercial del grano de maíz dulce.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

Asimismo, se ha podido comprobar como, en general, los tratamientos hídricos más excedentarios generan los valores inferiores de eficiencia del agua de riego respecto a la variable productivas. En el extremo opuesto se encuentran las respuestas del tratamiento más deficitario, de estrés hídrico intenso y prolongado.

Palabras clave: *Zea mays* L. var. *rugosa* Bonaf, Tratamientos diferenciales, Producción, Funciones de producción, Eficiencia del agua aplicada.

SUMMARY

EFFECT OF WATER SUPPLY DEFICIT ON YIELD AND QUALITY OF A SWEET CORN CROP

There is a big interest in obtaining production functions versus received water by the crops, in order to optimise the use of this very scarce and expensive resource at the irrigation zones in Castilla-La Mancha. This fact has motivate to study the quantitative and qualitative production of sweet corn (*Zea mays* L. var. *rugosa* Bonaf, cv." Jubileo") under different strategies of irrigation scheduling.

Water deficit resulted in a remarkable decrease of the yield components (number of ears per hectare and average unitary ear weight). Other production parameters negatively affected by the lack of water were: total aerial dry matter production, marketable ears yield, spathed and unspathed, fresh grain yield, harvest index and ears dimensions. In the other hand, water deficit improved the soluble solids content (° Brix) in grains and shorted the commercial maturation period.

The experimental data of total aerial dry matter production, marketable ears yield and fresh grain yield versus seasonal water supply (including irrigation and effective precipitation) best fitted to 3rd degree expopolinomial functions with determination coefficients between 0.97- 0.98. The maximum values of the production parameters could be observed with seasonal water supply ranging 385 and 410 mm.

Irrigation water seemed to be more effective during the formation of the stalk and the maturation of sweet corn grains.

Likewise, it could be proved that, generally, the most overirrigated treatments originated the lowest irrigation water efficiency regarding the production. In the opposite end, the most deficitary treatment, with strong and extended water stress could be find.

Key words: Zea mays L. var. rugosa Bonaf., Irrigation treatments, Water deficit, Production, Production functions, Water applied efficiency.

Introducción

El maíz dulce (*Zea mays* L. var. *rugosa* Bonaf, sin. *saccharata* Bailey), originario del continente americano, es una gramínea de la misma especie que el maíz común utilizada para pienso, del que se diferencia, entre otras propiedades, por tener el grano aspecto rugoso, sabor dulce y algo transparente. Estas características del grano son consecuencia de la presencia de un gen recesivo en homocigosis que provoca una polimerización más lenta e incompleta de los azúcares en almidón (RODRIGO *et al.*, 1984). Hay cultivares híbridos con mayor contenido de azúcar que otros; el maíz superdulce lleva un gen "shrunker-2", mu-

tación que afecta negativamente la nascencia y el vigor de arranque de las plántulas (CANTLIFFE *et al.*, 1975). PEIRCE (1987) resalta el valor nutritivo del grano inmaduro, con valores máximos estándares, alcanzados por los constituyentes a lo largo del subperíodo de la formación de la cosecha, del 5-6 % para los azúcares totales (4% de azúcares no reductores), 10-12% para el almidón, 3% para los polisacáridos solubles, 3,5 % para las proteínas, 70 % para el agua y cantidades nada despreciables de potasio y vitamina A.

Recolectado sin haber alcanzado la madurez fisiológica, su calidad nutritiva, organoléptica y forma de consumo hacen que el grano fresco y la mazorca entera sean considerados como hortalizas. El cultivo de maíz dulce fue introducido en España a finales de los años 60 con objeto de destinar sus mazorcas frescas a la exportación (MAROTO *et al.*, 1991). Posteriormente, el cultivo se extendió a Castilla-La Mancha (Toledo, Albacete), Andalucía, Extremadura, Navarra y Murcia (Campo de Cartagena), principalmente para las industrias de fabricación de conservas y congelados.

El maíz dulce cultivado para la industria agroalimentaria es una especie importante dentro de la agricultura de regadío albacetense, donde se cultivan unas 1.500 has, bien como especie principal (cultivo único), bien como especie rastrojera (doble cultivo), siempre durante la campaña estival, cuando la demanda evaporativa de la atmósfera es elevada y prácticamente inexistentes las lluvias.

En las áreas geográficas de clima local mediterráneo semiárido, son muchos los factores vitales que influyen tanto en la producción cuantitativa como en la calidad de un importante número de cultivos y, en consecuencia, en sus rentabilidades económicas, pero el agua es, sin duda, el factor más limitante. Además, y desde el punto de vista de la agricultura sostenible, el agua es un recurso cada vez más escaso y caro que hay que conservar y utilizar eficientemente para manterner sistemas agrícolas de producción estables, elásticos y diversos, y no contaminar los acuíferos por el lavado del nitrógeno. Por todo ello, el ahorro y la buena gestión del elemento líquido es tema principal de estudio a fin de optimizar su uso dentro del marco de una agricultura sostenible.

El rendimiento comercial del maíz dulce mejora con la aplicación regular de agua de riego (PEIRCE, 1987), muy especialmente en el subperíodo abarcado por las fases de la emisión de las "sedas", fecundación y formación de la cosecha (CAROLUS y SCHLEUSENER, 1950; PEIRCE, 1987). A pesar de los trabajos desarrollados en este cultivo, no está consensuado cual sería la estrategia de programación de riegos que optimice los resultados económicos, siempre bajo el concepto y los fundamentos de una agricultura sostenible. Algunos investigadores (EVANS *et al.*, 1960; MACKAY y EAVES, 1962; BBRAUNWORTH y MACK, 1987a), con distintos criterios y métodos de programación de riegos, demuestran la existencia de un rango amplio de suministro estacional de agua de riego para el que los rendimientos del maíz son similares. PEIRCE (1987), como referencia, proporciona cifras de suministro total de agua (lluvia + riego) a la parcela de maíz dulce en el estado de Oregón (EEUU) que varían desde 300 a 410 mm, para los cultivares de ciclo corto, y desde 460-510 mm, para los cultivares de ciclo más largo. BRAUNWORTH y MACK (1987b) ponen en evidencia como la cantidad de agua recibida por la parcela de maíz dulce condiciona la calidad de la producción, principalmente por sus efectos en el

número de mazorcas comerciales por hectárea y en el tamaño de las mismas.

Dada la importancia de explicar el efecto del riego sobre el rendimiento de mazorcas comerciales del maíz dulce, cultivado bajo las condiciones semiáridas de Albacete, es conveniente conocer la estrategia de programación del riego más adecuada, así como su influencia sobre los componentes del rendimiento cuantitativo y otros parámetros agronómicos de calidad, como el número de mazorcas comerciales por hectárea, las dimensiones de las mismas y la humedad del grano, a fin de obtener un mejor conocimiento de dicha respuesta productiva.

El presente trabajo fue diseñado para estudiar el efecto de un amplio rango de tratamientos hídricos diferenciados sobre el comportamiento agronómico, especialmente sobre los componentes del rendimiento y la calidad de las mazorcas del maíz dulce cultivado en la provincia de Albacete, Castilla-La Mancha, bajo condiciones de clima mediterráneo continental. La información aquí desarrollada servirá para establecer programas de manejo del riego del maíz dulce.

Material y métodos

El experimento de campo se realizó durante la campaña agrícola del año 1996 en la finca "Las Tiesas", gestionada por el ITAP, S.A., ubicada en el término municipal de Albacete, España. El clima local de la zona, según la clasificación agroclimática de Papadakis, es Mediterráneo Templado (Me, TE). Los suelos de la parcela de ensayo son representativos de la zona , con un perfil: Ap1 (0-15 cm), Ap2(15-38 cm), Bwk (38-53 cm), Bk (70-96 cm), 2R (96-120 cm). La profundidad media es de 50 cm, limitada por el desarrollo de un horizonte petrocálcico, irregularmente fragmentado. La capa arable de textura franco-arcillo-arenosa, con un elevado contenido en arena fina (0,2-0,02 mm), tiene un pH básico, bajos niveles de materia orgánica y nitrógeno total, niveles medios de P_2O_5 asimilable, y altos contenidos de caliza activa y K_2O asimilable.

El dispositivo experimental consistió en un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones. El volumen estacional de agua aplicada mediante riego, y su reparto a lo largo del ciclo agronómico del cultivo de maíz dulce, fue el factor objeto del estudio (cuadro 1).

Las parcelas elementales del ensayo, de 22,4 m^2 de superficie, contenían 4 líneas de siembra de 8 m de longitud, separadas entre sí 0,7 m. Las dos líneas centrales de cada parcela elemental se dedicaron a la toma de datos en la recolección para la valoración de la cosecha.

'Jubileo', cultivar de grano amarillo, muy adecuado para consumo en fresco, enlatado y ultracongelado, fue sembrado mecánicamente el 21 de mayo, con una densidad poblacional de 7 plantas m^{-2}. Las restantes prácticas culturales fueron las normales de la zona e idénticas para todas las parcelas elementales. Se hicieron varios tratamientos con clorpirifos (48%) para frenar los ataques de áfidos. El cultivo se desarrolló sanamente, sin ataques de *Heliothis armigera* Hb., *Sesamia nonagrioides* Lef. y *Pyrausta nubilalis* Hb., plagas de frecuente incidencia en la zona que afectan directamente a la calidad comercial de las mazorcas. Cuando el 50% de las plantas de cada parcela elemental alcanzaron una fase del ciclo agronómico, la fecha se anotó:

CUADRO 1
DISTINTAS ESTRATEGIAS DE PROGRAMACIÓN DE RIEGOS ENSAYADAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ DULCE
TABLE 1
DIFFERENT STRATEGIES OF IRRIGATION SCHEDULING USED IN THE SWEET CORN CROP

Etapas del ciclo de cultivo	Fechas	Kc[1]	Tratamientos hídricos diferenciados % ETc[2]							
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Establecimiento	21/05-25/06	0,40	100	100	100	100	100	100	100	100
8 hojas-80% cubrición del suelo	26/06-20/07	0,41-1,00	100	40	60	60	60	120	120	120
80% cubrición del suelo-formación de la cosecha	21/07-11/08	1,00	100	40	60	80	100	50	100	110
Maduración comercial (grano lechoso-pastoso)	12/08-27/08	1,00-0.88	100	40	60	100	80	25	90	110

(1) Coeficiente de cultivo, fijados siguiendo los criterios de DOORENBOS y KASSAM (1986).
(2) Evapotranspiración del cultivo, estimada según el método de DOORENBOS y PRUITT (1977).

siembra el 21 de mayo (día t); nascencia (t + 10), 8 hojas (t + 35), emisión de la panícula (t + 65), inicio de la formación de la espiga (t + 76), inicio de la maduración lechosa-pastosa del grano (t + 97), recolección el día 27 de agosto (t + 98).

Para la programación diaria del riego en cada uno de los tratamientos hídricos diferenciados se recurrió al método del balance hídrico simplificado, utilizando un programa informático de elaboración propia (MARTÍN DE OLALLA y DE JUAN, 1993), desarrollado según la metodología formulada por DOORENBOS y PRUITT (1977) y DOORENBOS y KASSAM (1986). La evapotranspiración de referencia (ETo), referida a una cubierta continua de gramíneas, se calculó diariamente mediante la fórmula semiempírica de Penman-Monteith (MANTOVANI, 1993). Los datos climáticos requeridos por el ensayo se registraron en una estación agroclimática automatizada, ubicada a menos de 500 m de la parcela experimental del maíz dulce.

Se consideraron nulas todas las precipitaciones diarias iguales e inferiores a 5 mm. Para estimar la precipitación efectiva (Pe) en los tratamientos hídricos supuestamente deficitarios, se valoraron como tal todas las cantidades de agua recogidas en el pluviómetro testigo a lo largo de la estación de riego, mientras que en el caso de los tratamientos hídricos testigo y supuestamente excedentarios se cuantificó en función del contenido de humedad del suelo existente en los días que acontecían las lluvias. Periódicamente, se contrastó la humedad volumétrica con una sonda de constante dieléctrica "Tektronix 1502 Metallic Time Domain Reflectometer" (Tektronia, Bear-

berton, Oregon, EE.UU.); en cada una de las estrategias de programación del riego, la medida de la humedad del suelo con la técnica de reflectometría con el tiempo (TDR) se efectuó inmediatamente antes de cada riego y una vez transcurrida 24 horas, con varillas de acero inoxidable de 15 y 30 cm de longitud (BAKER, 1990; VAN LOON *et al.*, 1990). Tales mediciones, en cada una de las parcelas elementales, se llevaron a cabo en 5 posiciones distintas: dos en la misma línea de siembra, a la altura del gotero y a una distancia de 25 cm del mismo, y otras tres entre las líneas de siembra, a 25, 50 y 70 cm de distancia del mismo gotero.

Mediante un aparato de placas, o membranas de presión (RICHARDS, 1941), se determinaron las características hidrológicas de los horizontes edáficos incluidos en los primeros 50 cm del perfil del suelo. Las capacidades de retención de agua en capacidad de campo ($\theta_{0,33}$) y punto de marchitamiento ($\theta_{1,5}$) fueron 2,34 y 1,19 mmcm^{-1}, mientras que el intervalo de humedad disponible (IHD) del suelo experimental, o agua disponible entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitamiento, se cuantificó en 1,15 mmcm^{-1} (49,15%, $\theta_{0,33}$). Tanto $\theta_{0,33}$ como $\theta_{1,5}$ fueron corroboradas mediante distintas expresiones empíricas (RAWLS *et al.*, 1982; GUPTA y LARSON, 1989); la densidad aparente del suelo considerada fue 1,35 gcm^{-3}.

DOORENBOS y KASSAM (1986), BRAUNWORTH y MACK (1987b) y LAMM *et al.* (1994), entre otros autores, sugieren, tanto para el maíz grano como para el maíz dulce, que, cuando las condiciones evaporativas de la atmósfera son elevadas, el agotamiento del agua del suelo en la zona de desarrollo radicular de un 45-55% de agua disponible tiene un efecto pequeño sobre el rendimiento, pudiendo ser interesante llegar a valores superiores durante la etapa inicial del ciclo para favorecer el desarrollo rápido y profundo del sistema radicular. En el presente trabajo, el nivel permisible de agotamiento de agua del suelo se fijó, para todo el ciclo del cultivo, en el 35 % del agua útil; en consecuencia, para los primeros 50 cm del perfil del suelo, el agua fácilmente utilizable, o dosis neta de riego, fue 20 mm. En cada estrategia de programación del riego, y para cada etapa del ciclo del maíz dulce, con las supuestas ETc definidas (cuadro 1), se regaba cuando, como consecuencia del correspondiente balance hídrico, la dosis neta de riego (20 mm) se agotaba.

Se ha recurrido al riego localizado, en su variante tecnológica de goteo, para la aplicación de la dosis neta de riego en cada una de las parcelas elementales, dada las numerosas ventajas agronómicas que ofrecen estos sistemas de riego en el cultivo de maíz para grano, ya se dispongan sus elementos básicos de distribución del agua en la superficie del terreno o enterrados (SAFONTAS y DI PAOLA, 1985; CAMP *et al.* 1989; CALDWELL *et al.*, 1994). Sin embargo, no existe acuerdo en definir la separación entre ramales portagoteros; mientras LAMM *et al.* (1995) encuentran ahorro de agua del 25%, sin importantes repercusiones en el rendimiento de maíz grano, cuando los ramales portagoteros se dispusieron cada dos líneas de siembra, a una distancia entre sí de 1,50 m, CAMP *et al.* (1993) consideran que esta separación sólo es válida en riego subterráneo y para especies hortícolas. En el presente trabajo, se utilizaron goteros autocompensantes de 3,5 l hora^{-1} a la presión nominal de diseño, situados a 50 cm en los ramales portagoteros. Estos ramales, de tubería RAM y diámetro 17 mm, se colocaron cada dos líneas de siembra. La dosis neta de riego aplicada en cada

parcela elemental se controló mediante válvulas de esfera de $^1/_2$ pulgada de diámetro, instaladas en las líneas terciarias, y dos tipos de contadores: de chorro múltiple, transmisión magnética y error de lectura ± 5% entre 30 y 120 l hora^{-1}, y de chorro simple, transmisión mecánica y error de lectura ± 5% entre 30 y 120 l hora^{-1}, y de ± 2% cuando pasa de 130 l hora^{-1}.

Hasta el 13 de junio no se inició la programación de riego con los criterios y métodos establecidos. Desde la siembra hasta esa fecha, se aplicaron 25 mm de agua de riego mediante aspersión, determinando la cantidad de agua aplicada a toda la parcela experimental mediante pluviómetros.

En la recolección se cortaron las plantas de las dos líneas centrales de cada parcela elemental, eliminando dos plantas situadas en los extremos de cada una de ellas. De las plantas objeto de análisis se consideraron los siguientes parámetros cuantitativos y cualitativos: número de plantas m^{-2}; número de mazorcas comerciales por m^2 (se eliminaron aquellas que carecían de tamaño comercial, inacabadas y con malos cuajados de grano); peso unitario de las mazorcas frescas comerciales, con y sin espatas; peso fresco del resto del sistema aéreo de la planta (sin mazorcas comerciales), pero también el de aquellas que se dejaron con mazorcas no válidas para el mercado.

En el laboratorio se determinó el contenido en materia seca de 10 plantas enteras, excluyendo las mazorcas comerciales, pero considerando las no comerciales, desecándose en estufa de aire forzado a 65° hasta peso constante, pesándose al término del proceso.

También, en laboratorio, y sobre un número de 12 mazorcas comerciales por parcela elemental, se realizó la toma de datos de los parámetros agronómicos siguientes:

- Se separaron los granos del resto de los componentes de las mazorcas y ambas fracciones se desecaron en estufa de aire forzado a 105° hasta peso constante.

- Longitud y diámetro basal de las mazorcas frescas, con y sin espatas.

- La concentración de sólidos solubles se midió en un refractómetro utilizando el triturado obtenido tras batir los granos basales, apicales y situados en la zona media por separado, expresándose los resultados en °Brix, teniendo en consideración la corrección relativa a la temperatura ambiente del lugar de las mediciones. Estas valoraciones sólo se realizaron sobre tres mazorcas de cada parcela elemental.

Las funciones de producción se utilizan para describir la relación existente entre el rendimiento cuantitativo y la cantidad de agua aplicada con el riego, recibida por la parcela bajo los conceptos de riego y lluvia, o consumida por el cultivo. Tales funciones son útiles para evaluar el impacto de los déficits de riego en la producción de cultivos (STEWART *et al.*, 1977; VAUX *et al.*, 1981; GARRITY *et al.*, 1982; MILLER y BURKE, 1983; STEGMAN, 1983). En el presente trabajo experimental, se analiza la relación existente entre diversos parámetros del rendimiento cuantitativo y el volumen estacional de agua recibida por las parcelas (riego + lluvia) en todos, y cada uno, de los tratamientos hídricos diferenciados.

STEGMAN (1982) evalúa la eficiencia de las estrategias de programación del riego mediante la expresión:

$$IE = Y/I \qquad [1]$$

donde: IE = eficiencia de la aplicación del agua de riego, Y= rendimiento comer-

cial, e I= volumen estacional de agua aplicada mediante el riego.

La ecuación [1] se ha utilizado en este estudio para calcular las distintas eficiencias de las estrategias de programación del riego planteadas en la experiencia, referidas a la producción de biomasa seca (IE_{MS}), a la producción de mazorcas frescas comerciales (IE_M) y a la producción de grano tierno (IE_G).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) según un diseño en bloques azar con cuatro repeticiones, utilizando como herramienta el paquete estadístico "Statistical Analysis System, SAS", versión 6.11 (SAS Institute Inc., 1995). La comparación de medias se realizó mediante el test de DUNCAN (STEEEL y TORRIE, 1985). Para el establecimiento de las funciones de producción *versus* agua recibida por las parcelas se ha recurrido a la técnica de regresión no-lineal (HUET *et al.*, 1992), analizando diferentes modelos matemáticos mediante la herramienta estadística STAT-ITCF (ITCF, 1989).

Resultados y discusión

La temperatura media registrada durante la campaña de ensayo, de 21,9 °C, fue algo superior a la del año medio de la serie climática 1974-1993, cifrada en 20,9 °C. Son de destacar las temperaturas mínimas, inferiores a 9 °C, que se alcanzaron en los días 20-25 de junio, cuando el maíz dulce tenía 6-7 hojas, y las temperaturas máximas, de 37 a 42 °C, registradas en los días 19-25 de julio, coincidiendo con la emisión del polen y la fecundación del cultivo, acompañadas de humedades relativas del aire bajas (10 a 20%, de valores mínimos) y velocidades diurnas del viento de 4 a 6 ms^{-1}. La precipitación acumulada durante la estación de crecimiento y desarrollo del maíz dulce fue 72 mm, valor inferior a la acumulada en el año medio de los 20 años de referencia, que fue 115 mm.

El cuadro 2 presenta los volúmenes estacionales de agua de riego y recibidos en cada tratamiento hídrico diferenciado.

El reparto del volumen total de agua recibida por cada estrategia en los diferen-

CUADRO 2
RIEGOS Y AGUA ESTACIONAL RECIBIDA EN CADA TRATAMIENTO HÍDRICO DIFERENCIADO
TABLE 2
IRRIGATION AND SEASONAL WATER RECEIVED BY EACH TREATMENT

Tratamiento hídrico diferenciado	Número de riegos	Agua de riego (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Riego + lluvia (mm)
T1 (100/100/100/100)	19	309	43	352
T2 (100/40/40/40)	12	143	72	215
T3 (100/60/60/60)	14	185	72	257
T4 (100/60/80/100)	17	241	72	313
T5 (100/60/100/80)	17	250	72	322
T6 (100/120/50/25)	15	211	72	283
T7 (100/120/100/90)	20	349	43	392
T8 (100/120/110/110)	21	369	43	412

tes etapas que se ha desglosado el ciclo agronómico del maíz dulce (cuadro 1), se recogen en el cuadro 3.

La densidad poblacional es el componente del rendimiento más limitante de la expresión potencial del maíz (FLEURY, 1991). En el momento de la recolección, esta variable agronómica osciló entre 6 y 6,8 plantas m^{-2}, sin que estas diferencias sean significativas estadísticamente (cuadro 4). Las marras de nascencia y la falta de vigor de arranque han sido determinantes de la caída poblacional, adversidades muy frecuentes en el cultivo del maíz dulce, principalmente en los cultivares "superdulces" (PARERA y CANTLIFFE, 1994). La aplicación del agua de riego mediante el sistema de aspersión, dispuesto en la superficie del terreno, podría haber contribuido, por su falta de uniformidad y su acción favorecedora del encostramiento, a acrecentar la mortandad de las plántulas antes de su implantación, principalmente en suelos de estructura inestable.

El maíz dulce es una gramínea con tendencia al ahijamiento (desarrollo de brotes secundarios) que no tiene interés agrícola por no dar mazorcas bien desarrolladas como el tallo principal. La prolificidad de esta experiencia ha sido muy pequeña, entre 0,042 (T4) y 0,12 (T8) hijuelos por planta implantada, valores medios cuyas diferencias no son significativas estadísticamente pero que muestran una tendencia favorecedora de los tratamientos hídricos bien dotados de agua (cuadro 4). El cultivar elegido, la elevada densidad poblacional conseguida y las temperaturas frías del suelo durante las primeras fases del maíz dulce en su ciclo, podrían explicar las

CUADRO 3
REPARTO DEL VOLUMEN TOTAL DE AGUA (RIEGO + LLUVIA, MM) RECIBIDA POR LAS PARCELAS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO AGRONÓMICO DEL MAÍZ DULCE
TABLE 3
PARTITION OF TOTAL WATER VOLUME (IRRIGATION + RAINFALL, MM) RECEIVED AMONG THE DIFFERENT STAGES OF AGRONOMIC CYCLE OF SWEET CORN

Tratamiento hídrico diferenciado	Siembra-8 hojas	8 hojas- 80% de cubrición del suelo	80% cubrición del suelo-formación de la cosecha	Maduración lechosa-pastosa del grano
T1 (100/100/100/100)	50 (14,20%)[1]	100 (28,41%)	133 (37,78%)	69 (19,61%)
T2 (100/40/40/40)	75 (34,8%)	42 (19,53%)	60 (27,91%)	38 (17,68%)
T3 (100/60/60/60)	75 (29,18%)	55 (21,40%)	92 (35,80 %)	35 (13,62%)
T4 (100/60/80/100)	75 (23,96%)	55 (17,57%)	113 (36,10%)	70 (22,37%)
T5 (100/60/100/80)	75 (23,29%)	55 (17,08%)	133 (41,30%)	59 (18,33%)
T6 (100/120/50/25)	75 (26,50%)	117 (41,34%)	72 (25,44%)	19 (6,72 %)
T7 (100/120/100/90)	75 (19,13%)	117 (29,85 %)	136 (34,69%)	64 (16,33%)
T8 (100/120/110/110)	50 (12,14%)	117 (28,40%)	161 (39,08%)	84 (20,39%)

(1) Las cifras entre paréntesis representan las participaciones porcentuales en el volumen total de agua de cada estrategia de programación del riego.

CUADRO 4
NÚMERO DE MAZORCAS COMERCIALES COMO RESPUESTA A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS HÍDRICOS
TABLE 4
MARKETABLE COBS NUMBER AFFECTED BY WATER TREATMENT

Tratamiento hídrico diferenciado	Densidad poblacional número ha^{-1}	Hijuelos número ha^{-1}	Plantas estériles número ha^{-1}	Mazorcas defectuosas número ha^{-1}	Mazorcas comerciales número ha^{-1}
T1 (100/100/100/100)	61904	5357	4464d	2976	59821b
T2 (100/40/40/40)	66964	3274	16333a	7774	46131d
T3 (100/60/60/60)	59524	2976	11300b	4176	47024cd
T4 (100/60/80/100)	63095	2679	5952d	2382	57440b
T5 (100/60/100/80)	67559	5060	7142c	4763	60714ab
T6 (100/120/50/25)	64881	3571	10988b	6571	50893c
T7 (100/120/100/90)	66667	5400	5655d	4210	62202a
T8 (100/120/110/110)	61310	7440	1190e	4261	63399a
Nivel sign. estadística	ns	ns	5%	ns	5%

Nota: Valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan.

pequeñas cifras obtenidas en la recolección. En cultivo tradicional, normalmente, pueden aparecer hasta tres mazorcas por planta. La primera es la que se origina a mayor altura, la que más se desarrolla y la que se recolecta antes, mientras que la última no llega normalmente a formar grano. Para BIANCHI (1969), sobrepasar 4,5 plantas m^{-2} en cultivares precoces supone una pérdida de rendimiento en número y peso de las mazorcas por planta, aunque el rendimiento total aumente (MOSLEY, 1973).

En el cultivo actual de maíz dulce, más de una mazorca por planta significa frecuentemente una disminución del porcentaje de maíz utilizable, porque la mazorca baja, menos desarrollada, da lugar en la recolección mecánica a una mezcla de mazorcas maduras e inmaduras. De aquí que aconsejen algunos autores (p.e., DERIEUX *et al.*, 1987) aumentar las densidades poblacionales hasta 11 plantas m^{-2} con cultivares tardíos y en condiciones de cultivo no limitante, para reducir la prolificidad de espigas, pero siempre que el cultivar, además, sea resistente al encamado. Sin embargo como señalan LORGEOU y GOYTINO (1991), un exceso de densidad poblacional puede provocar una competencia exacerbada de las plantas por el agua, los nutrientes minerales y la luz, e inducir un aumento del número de plantas estériles. En las condiciones edafoclimáticas del ensayo, el cultivar 'Jubileo' ha sido afectado por la disponibilidad de agua en el suelo, variando el número de plantas estériles entre 0,019 (T8) y 0,244 (T2) plantas por planta implantada. Las restricciones hídricas intensas y prolongadas desde la fase de 8 hojas son causantes del mayor número de plantas afectadas, pero también es importante un déficit intenso en la etapa que se inicia con la cubrición del suelo en un 80% de la

superficie. Una importante reducción del porte y superficie foliar podría explicar la incapacidad de la planta para producir, al menos, una mazorca comercial en los tratamientos más restrictivos.

Las distintas estrategias de riego no han inducido diferencias significativas en el número de mazorcas defectuosas por hectárea, por otro lado cifras poco importantes. En los tratamientos más restrictivos (T2, T3 y T6) los hijuelos han sido incapaces de llenar completamente el grano y han generado mazorcas con granos no alineados y con fallos en la formación del grano; además ha habido mazorcas del tallo principal con llenado incompleto de granos y con defectos de color como presencia de granos blancos y amarillos en la misma mazorca. Es de reseñar la presencia de mazorcas con el ápice inmaduro en los tratamientos hídricos supuestamente bien dotados de agua, muy principalmente en el más excedentario (T8).

Como puede observarse en el cuadro 5, la mayor producción por unidad de superficie se alcanzó en el tratamiento hídrico T8, teóricamente regado con exceso de agua, seguido de T1 y T7, si bien no se han encontrado diferencias significativas entre los valores medios de los tres tratamientos, cuando el rendimiento se ha expresado en $kgha^{-1}$ de mazorcas frescas sin perfollas.

El volumen estacional de agua de riego aplicado para conseguir los máximos rendimientos varió entre 309 y 369 mm, cifras próximas a las recomendadas por WATTS *et al.* (1968), quienes consiguen producciones máximas en Willamette Valley (Oregón, EE.UU.) con 338 mm. Sin embargo, el suministro estacional aplicado en otras experiencias con este fin fue superior (EVANS *et al.*, 1960; MILLER y BOERSMA, 1966), entre 332 y 513 mm, según cultivar, condiciones climáticas del año, naturaleza del suelo y prácticas culturales. MOLINA (1990) evalúa las necesidades medias del maíz dulce en 4 mm $día^{-1}$, y estima unas "necesidades hídricas" del orden de 200 mm para su cultivo en el Campo de Cartagena (España).

EVANS *et al.* (1960) obtienen rendimientos máximos de 17 tha^{-1} de mazorcas sin brácteas, cifra que es superada en otras investigaciones llevadas a cabo. Por ejemplo, PETERSEN *et al.* (1985) muestran a través de sus funciones de producción *versus* agua recibida por cada tratamientos hídrico diferenciado (riego + lluvia), rendimientos máximos de 13 a 20 tha^{-1} de mazorcas comerciales con volúmenes de agua que, dependiendo del sistema de laboreo (convencional, banda, no-laboreo), osciló entre 400 y 500 mm; por encima de estas referencias cifradas, los rendimientos disminuyeron ligeramente. En la experiencia de BRAUNWORTH y MACK (1987b), los rendimientos máximos, en torno a 21 tha^{-1}, se alcanzan con una amplia gama de suministro estacional de agua de riego, entre 311 y 599 mm.

El menor número de mazorcas comerciales por hectárea obtenido en este trabajo es el componente del rendimiento más determinante del hecho que los rendimientos máximos sean inferiores a los referidos por la literatura consultada, tanto española (RODRIGO *et al.*, 1984; MOLINA, 1990) como foránea. Frente a valores de 7,3-7,5 mazorcas m^{-2}, obtenidas, por ejemplo, por BRAUNWORTH y MACK (1987a,b), las cifras del presente trabajo para los tratamientos teóricamente menos restrictivos oscilaron entre 6 y 6,3 mazorcas m^{-2} (cuadro 4).

Los bajos rendimientos de mazorcas que se alcanzan en los tratamientos hídricos más deficitarios (cuadro 5) tienen mucho

CUADRO 5
PARÁMETROS DEL RENDIMIENTO CUANTITATIVO DEL MAÍZ DULCE SOMETIDO A DIFERENTES ESTRATEGIAS DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO
TABLE 5
QUANTITATIVE YIELD PARAMETERS OF SWEET CORN UNDER DIFFERENT STRATEGIES OF IRRIGATION SCHEDULING

Tratamiento hídrico diferenciado	Peso mazorca fresca con brácteas (g)	Rendimiento fresco ($kgha^{-1}$)		Peso fresco de granos ($kgha^{-1}$)	Biomasa aérea total seca ($kgha^{-1}$)	Índice de cosecha[1] (%)
		Con espatas	Sin espatas			
T2 (100/40/40/40)	160,03d	7395d	6149c	3998c	5888c	37,22c
T3 (10/60/60/60)	173,17d	8143d	6004c	4055c	5937c	39,59c
(100/120/50/25)	170,01d	8655d	7423bc	5229bc	7029b	37,60c
T5 (100/60/100/80)	193,19c	11719c	9331b	6074b	7849b	44,47b
T4 (100/60/80/100)	213,20c	12264c	9255b	6264b	7382b	42,68b
T1 (100/100/100/100)	243,21b	14552b	12449a	8519a	9263a	49,92a
T7 (100/120/100/90)	247,22b	15412b	11778a	8296a	9700a	49,90a
T8 (100/120/110/110)	283,54a	17776a	13195a	8830a	9084a	50.12a
Nivel sign. estadística	1%	1%	1%	1%	1%	1%

(1) Cociente entre la producción de materia seca de las mazorcas con espatas y la producción de biomasa seca aérea total.
Nota: Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan.

que ver con el bajo número de mazorcas comerciales (entre 4,6 y 5,0 mazorcas m^{-2}) y, en menor medida, con el reducido peso unitario de la mazorca fresca con brácteas (entre 160 y 170 g), conclusión a la que llegan también MACGILLIVRAY (1949), PETERSON y BALLARD (1953) y VITTUM *et al.* (1959). Los déficits hídricos continuados e intensos a lo largo de gran parte del ciclo de cultivo de maíz dulce (tratamientos T2 y T3) y los provocados en los dos últimos subperíodos (tratamiento T6) son los de consecuencias más negativas. STEGMAN (1982) llega a la conclusión que los máximos rendimientos del cultivo de maíz para grano se obtienen cuando el nivel permisible de agotamiento de agua en el suelo, en la zona de desarrollo radicular, no descienden por debajo de 80-90% del agua útil, o intervalo de humedad disponible, durante el subperíodo comprendido entre las fases de 12 hojas y maduración lechosa-pastosa del grano, cifras superiores a las dadas por DOORENBOS y KASSAM (1986), quienes consideran, para un subperíodo similar del ciclo, valores de 45-55%.

Al igual que VITTUM *et al.* (1959) y STANBERRY *et al.* (1963), la producción de grano fresco obtenida en este experimento disminuye cuando lo hace el suministro estacional de agua aplicada mediante riego.

Los efectos del estrés hídrico continuado e intenso sobre el crecimiento del maíz dulce se manifiestan nítidamente, a través de los rendimientos de biomasa áerea total

seca, en los tratamientos T2 y T3 (cuadro 5), aproximadamente un 60% de los mejores resultados obtenidos. La reducción del porte de las plantas y del área foliar a valores insuficientes para permitir una buena interceptación de la radiación en las etapas posteriores del ciclo, junto con una precoz e intensa senescencia, y una parada intensa del llenado del grano, podrían justificar los bajos rendimientos de mazorcas comerciales y de grano fresco obtenidos en la experiencia. El intenso déficit hídrico impuesto en el tratamiento hídrico T6, a partir del estado de 14-15 hojas, ha tenido menos efectos negativos que en los casos anteriores, pero, como cabría esperar, más repercusión en los rendimientos de mazorcas y de granos que en los de biomasa seca aérea total ; aunque DAYNARD *et al.* (1969), HUME y CAMPBELL (1972), JURGENS *et al.* (1978) y JONES y SIMMONS (1983), entre otros muchos investigadores, demuestran que el maíz moviliza frecuentemente los hidratos de carbono almacenados previamente en las partes vegetativas hacia los granos cuando las condiciones de estrés hídrico sobrevienen durante el subperíodo de engrosamiento del grano, un intenso déficit hídrico durante la etapa de llenado de grano, al que ha precedido un fuerte estrés hídrico en la formación de la cosecha, como en el caso planteado en la estrategia T6, y más si viene acompañado de temperaturas elevadas, podría haber dificultado la translocación hacia los granos y la utilización por parte de éstos de los asimilados almacenados en el tallo que se ha desecado rápidamente. El tallo no ha podido cumplir con las funciones que le asignan QUATTAR *et al.* (1987) en la continuidad y perpetuación del crecimiento del grano de maíz sometido a déficit hídrico: ni ha suplido con sus asimilados almacenados a la fotosíntesis neta reducida o anulada por falta de humedad en el suelo, ni ha servido como tampón entre las hojas senescentes y los granos en crecimiento para el mantenimiento de un estado hídrico favorable.

Como puede observarse en el cuadro 5, el maíz dulce presenta una cierta tolerancia al estrés hídrico en el subperíodo de encañado (tratamiento T5), e incluso en su prolongación hasta la fecundación y formación de la cosecha (tratamiento T4), pero no tan importantes como indican los resultados de DEUMIER *et al.* (1991). Estos investigadores, desde su experimento con maíz para grano, comprueban como el estrés hídrico durante el encañado provoca una reducción del crecimiento, que se traduce en una pérdida del 25% de la biomasa aérea al final de la floración femenina, sin ninguna repercusión en el rendimiento de grano. En este trabajo, además de la caída de la biomasa seca total aérea hasta un 24 %, el estrés hídrico planteado durante el encañado y prolongado hasta la formación de la cosecha (tratamiento T4) reduce los rendimientos de mazorcas con brácteas en un 32 % y de grano en fresco en un 29%, mientras que el déficit hídrico planteado durante el encañado al que se añade otro menos intenso durante el llenado del grano (tratamiento T5) lo hace en un 35% y 31 %, respectivamente.

HOWELL *et al.* (1990) enumeran cuatro vías posibles para mejorar la utilización eficiente del agua por parte de los cultivos, destacando entre ellas el aumento del índice de cosecha ("Harvest Index", HI), o relación porcentual existente entre el rendimiento comercial y la producción total de materia seca del cultivo. En los tratamientos hídricos testigo y supuestamente excedentarios, la materia seca de las mazorcas comerciales supone casi el 50% del peso seco de la materia seca total aérea producida, no llegando al 40% en las estrategias de programación de riego planteadas con défi-

cits hídricos intensos y prolongados a lo largo de gran parte del ciclo de cultivo. Considerando la producción de materia seca de los granos, el HI osciló entre el 29 % del tratamiento supuestamente más excedentario hasta el 22% de los tratamientos hídricos más deficitarios.

En cuanto a los parámetros de calidad de las mazorcas comerciales (cuadro 6), existen claras diferencias significativas en lo que se refiere al contenido de sólidos solubles (°Brix), superior en los tratamientos hídricos deficitarios, y mayor cuando dichos déficits hídricos se producen en el subperíodo de maduración comercial del grano. A similares conclusiones llegan otros autores trabajando con otras especies hortícolas, tal es el caso, a título de ejemplo, del tomate (SAN MARTÍN *et al.*, 1994) y del melón (RIBAS *et al.*, 1998). Sin embargo, pudiera ser que este comportamiento se debiera, más que al aumento de azúcares translocados a la espiga por la acción del estrés hídrico, a un acortamiento del subperíodo de llenado del grano por aceleración de los procesos de maduración, motivada por las altas temperaturas (máximas superiores a 32°C) acompañadas de vientos secos (humedades relativas mínimas entre 11 y 35%) durante al menos 7 días de esta etapa del ciclo. Esta adversidad es corroborada por los bajos contenidos de sólidos solubles con que se recolectan los granos frescos en todos los tratamientos hídricos diferenciados, entre 19,09 y 23,06 °Brix, afectando más a los supuestamente bien dotados de agua. El índice de refracción en la madurez de una cosecha normal es de 21 a 32 °Brix (DELACROIX, 1974; RODRIGO *et al.*, 1984).

Es de reseñar como los granos, a medida que alejan su posición de la zona basal de la mazorca, muestran pequeñas diferencias en el índice de refracción (cuadro 6), cualquiera que sea el tratamiento hídrico al que han estado sometido, siendo los granos situados en la posición apical de la mazorca, frente a los de la zona media y basal, los de menor contenido en sólidos solubles.

El grado de madurez del maíz dulce no sólo viene dado por el contenido en azúcares, sino también por el porcentaje de humedad del grano. Durante el proceso de maduración, como ya se ha indicado, los azúcares se transforman en almidón, y la humedad del grano disminuye, procesos que pueden ser acelerados por los déficits de humedad del suelo y/o temperaturas elevadas y vientos secos. Si tenemos en consideración las referencias dadas por BIANCHI (1969) e INGLETT (1970), quienes consideran como madurez adecuada para procesar maíz tipo grano entero un contenido en humedad de los granos del 73 al 74% y del 71 al 75%, respectivamente, los resultados de este experimento, entre el 67,29 y 69,77 %, confirmarían una sobremadurez de los mismos. Sin embargo, WEI *et al.* (1967) consideran unos márgenes más amplios como idóneos para industrializar, entre el 67 y 86%, y WADE *et al.* (1950) dan como inmaduros los granos con un contenido de humedad superior al 73% y como sobremadurados aquellos que tienen un contenido de humedad inferior al 67% Los valores obtenidos en el ensayo se pueden considerar como adecuados para industrializar.

El tamaño de las mazorcas se define por la longitud media y el diámetro medio de las mismas. Ambas dimensiones difieren significativamente con los tratamientos hídricos diferenciados ensayados. El riego favorece tanto la longitud media como el diámetro medio de las mazorcas frescas (cuadro 6), conclusión que está apoyada por los resultados obtenidos por BRAUNWORTH y MACK (1987b). Las mazorcas des-

CUADRO 6
PARÁMETROS DEL RENDIMIENTO CUALITATIVO DEL MAÍZ DULCE SOMETIDO A DIFERENTES ESTRATEGIAS DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO
TABLE 6
QUALITATIVE YIELD PARAMETERS OF SWEET CORN UNDER DIFFERENT STRATEGIES OF IRRIGATION SCHEDULING

Tratamiento hídrico diferenciado	°Brix[1]			Humedad del grano (%)	Longitud de las mazorcas (cm)	Diámetro de las mazorcas (cm)
	(A)	(B)	(C)			
T2 (100/40/40/40)	22,88a	22,94a	23,04 a	67,29b	14,32d	3,82c
T3 (10/60/60/60)	22,82a	23,95a	23,06 a	67,90b	14,28d	3,82c
T6 (100/120/50/25)	22,32a	22,96a	22,84 a	67,63b	15,67c	3,99bc
T5 (100/60/100/80)	22,09a	22,44a	22,52 a	68,70ab	16,13b	4,02b
T4 (100/60/80/100)	21,23b	21,30b	21,32 b	69,21a	16,50b	4,13b
T1 (100/100/100/100)	19,09c	20,18c	20,42 c	68,99a	17,71a	4,41a
T7 (100/120/100/90)	20,39bc	20,47c	20,87 c	69,04a	17,71a	4,42a
T8 (100/120/110/110)	19,67c	20,08c	20,37 c	69,77a	18,45a	4,55a
Nivel sign. estadística		5%		5%	1%	1%

(1) (A), (B) y (C) posiciones apical, media y basal, respectivamente, de los granos en la mazorca.
Nota: Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan.

tinadas a la conserva deben tener una longitud de 17-23 cm, con 16-20 filas de granos (RODRIGO *et al.* , 1984), dimensión que sólo es superada por los tratamientos hídricos mejor dotados de agua, a los que corresponde un diámetro medio entre 4,41 y 4,55 cm.

Las funciones de producción respecto al agua están representadas por una curva en la cual el rendimiento comercial de un cultivo, o la producción total de biomasa seca, se expresa en función del agua estacional consumida por el cultivo o del volumen estacional de agua aplicada mediante la técnica del riego, admitiendo que el resto de variables agronómicas que definen el proceso productivo agrícola permanecen constantes (DE JUAN y MARTÍN DE SANTA OLALLA, 1993).

Generalmente, la función que liga la producción con la evapotranspiración estacional está representada por una línea recta, mientras que su relación con el volumen estacional de agua de riego es de naturaleza curvilínea (STEWART y HAGAN, 1973). STEGMAN (1986) confirma el trazado convexo de estas funciones, así como su mayor variabilidad frente a las funciones de producción respecto al volumen estacional de agua consumida, lo que justifica por las deficientes eficiencias de los sistemas de aplicación del agua de riego a la parcela, las inexactitudes de los métodos de programación del riego y por la poca fiabilidad que tienen la predicción de la lluvia efecti-

va, principalmente bajo los climas húmedos y subhúmedos. Estas funciones de producción no son únicas para cada cultivo, ya que son muchos los factores de diversa naturaleza (genéticos, climáticos, edáficos y fitotécnicos) que regulan su crecimiento y desarrollo, también afectados por la intensidad, duración y momento del ciclo en el cual se produce el déficit hídrico (VAUX y PRUITT, 1983). A pesar de estos inconvenientes, la variable agua aplicada mediante el riego es la más socorrida para los estudios económicos, y principalmente para los estudios empíricos; es la variable que paga el agricultor y mejor controla, aunque no es el agua que utiliza realmente el cultivo.

En la figura 1 se presentan las relaciones obtenidas entre los datos experimentales de los rendimientos (tha^{-1}) de mazorcas comerciales, con (figura 1a) y sin (figura 1b) brácteas, de grano fresco comercial (figura 1c) y de producción total de materia seca aérea (figura 1d) frente al agua total (riego + lluvia, mm) recibida por el cultivo de maíz dulce en cada estrategia de programación del riego ensayada (n = 8). Los resultados indican unas relaciones altamente significativas, expresadas mediante modelos matemáticos representados por funciones expopolinómicas de tercer grado, con valores del coeficiente de determinación (R^2) del 97-98% y errores estándares de las estimaciones (llamados también "Root Mean Square of the Error", RMSE) variables entre 38 y 75 $kgha^{-1}$. Mediante la técnica estadística de la regresión no-lineal, BRAUNWORTH y MACK (1987b) presentan modelos matemáticos que relacionan los rendimientos comerciales de mazorcas con el volumen estacional de agua recibida por el cultivo de maíz dulce; las ecuaciones de regresión que mejor se ajustaron a los datos de producción fueron polinómicas de segundo grado, explicando del 87 al 94 % de variación del rendimiento comercial de mazorcas respecto al volumen de agua recibidos por el cultivo durante el ciclo agronómico.

En todas las relaciones obtenidas (figura 1) se observa un valor máximo de las variables estudiadas que se alcanza con volúmenes estacionales de agua recibidos por la parcela comprendidos entre 385 y 410 mm. Por encima de estos valores los rendimientos considerados se reducen, probablemente debido a una deficiente aireación del suelo motivada por una alta frecuencia de riego y/o a un lavado de nutrientes minerales. En el experimento de BRAUNWORTH y MACK (1987b), los máximos rendimientos comerciales de mazorcas con brácteas se obtienen con volúmenes estacionales de agua que oscilaron entre 311 y 428 mm, variables según el diseño y procedimiento experimentales y el año de estudio.

Para saber como afecta a las distintas producciones la cantidad de agua en cada subperíodo del ciclo agronómico, se han realizado las regresiones múltiples de los rendimientos respecto a los mm de agua (riego + lluvia) recibidos por el cultivo en cada una de las etapas en que se ha desglosado el ciclo, según la función lineal:

$$\text{Rendimientos}(tha^{-1}) = aX_1 + bX_2 + cX_3 \quad [2]$$

donde X1, X2 y X3 son los mm de agua recibidos por el maíz dulce desde el estado de 8 hojas hasta la recolección en las tres etapas en que se ha desglosado esta parte del ciclo agronómico (cuadro 3): estado de 8 hojas-80% de cobertura del suelo, 80% de cobertura del suelo-formación de la cosecha y maduración comercial del grano, respectivamente. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 7.

Los coeficientes a, b y c de las ecuaciones de ajuste que expresan los rendimientos

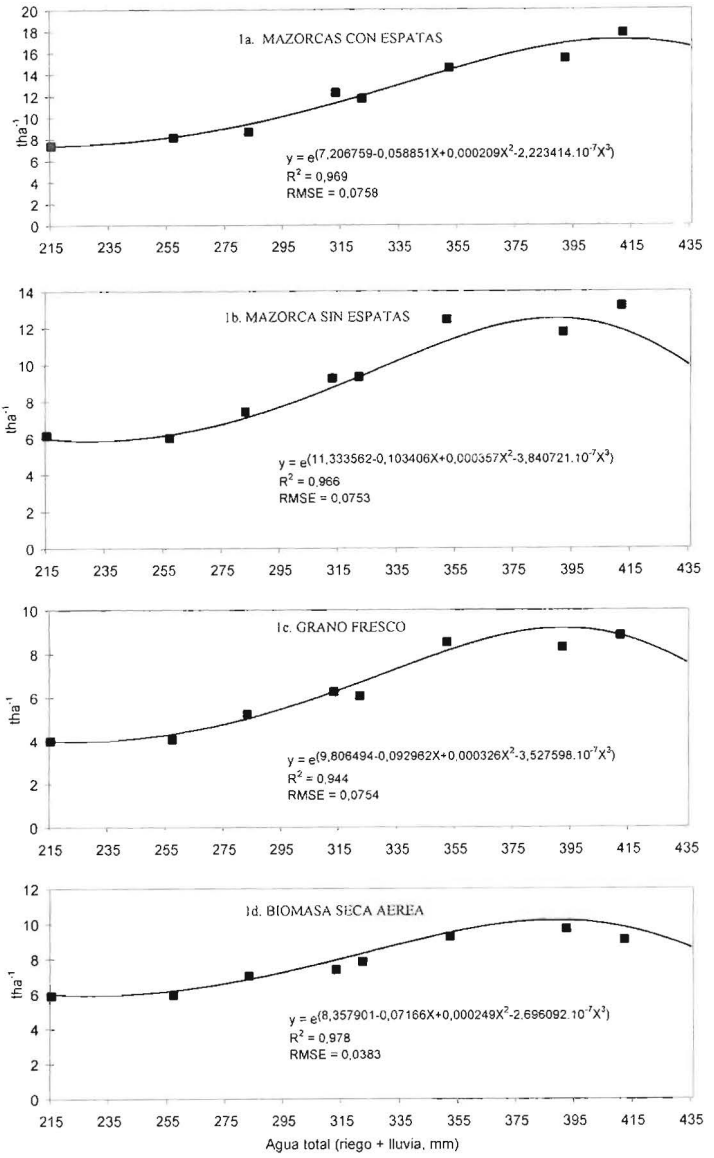


Figura 1. Relaciones entre los rendimientos (tha^{-1}) de mazorcas comerciales, con (a) y sin (b) brácteas, de grano fresco comercial (c) y de producción de materia seca aérea (d) frente al volumen estacional de agua (riego+lluvia, mm) aplicado al cultivo de maíz dulce

Figure 1. Relationships of spathed (a) and unspathed (b) marketable ears, fresh grains (c) and totala aerial dry matter (d) yields versus seasonal water volume (irrigation+rainfall) supplied to sweet corn crop

CUADRO 7
INFLUENCIA DEL AGUA (LLUVIA + RIEGOS) RECIBIDA POR EL CULTIVO DE MAÍZ DULCE EN CADA ETAPA DEL CICLO SOBRE LOS RENDIMIENTOS. ECUACIONES DE AJUSTE
TABLE 7
EFFECT OF WATER (IRRIGATION + RAINFALL) RECEIVED DURING EACH STAGE OF THE GROWING CYCLE ON SWEET CORN YIELD. FITTING EQUATIONS

Rendimientos	Coeficientes[1] tha^{-1}			Coeficientes de determinación (R^2)	Error estándar de la estimación
	a	b	c	%	
Mazorcas con espatas	0,045	0,021	0,110	99,9	0,243
Mazorcas sin espatas	0,041	0,014	0,082	99,6	0,617
Grano fresco tierno	0,032	0,006	0,056	99,7	0,430
Biomasa total seca aérea	0,031	0,036	0,017	98	1,181

(1) a: estado de 8 hojas- 80% de cobertura del suelo; b: 80% de cobertura del suelo-formación de la cosecha; y c: maduración comercial del grano.

de mazorcas, con o sin brácteas, y grano tierno han resultado significativos al 95 %, lo que indica que el agua contribuye consistentemente al incremento de los rendimientos en las tres etapas fundamentales en que se ha desglosado el ciclo agronómico del maíz dulce, aunque el coeficiente b, de menor valor, indica que el agua recibida por el cultivo en la etapa que transcurre entre el 80 % de cobertura del suelo por las plantas y la formación de la cosecha influye menos en el incremento de los rendimientos en mazorcas y bastante poco en el aumento del rendimiento en grano fresco. El agua de riego parece que se aprovecha mejor durante las etapas de encañado y la maduración comercial del grano.

En la figura 2 se presentan las eficiencias de las distintas estrategias de programación del riego, calculadas según la ecuación [1]: IE_{MS}, IE_M e IE_G.

Los valores medios de la IE para la producción de materia seca aérea disminuyen a medida que aumenta el volumen estacional de agua aplicada con el riego, alcanzando el valor más pequeño con el tratamiento hídrico supuestamente más excedentario, IE_{MS}=24,6 $kgha^{-1}$ mm^{-1}. En el caso de la estrategia de programación más deficitaria, por cada mm de agua aplicada mediante la técnica de riego se produce 41,2 $kgha^{-1}$ de biomasa total seca aérea. Esta variación observada en IE_{MS} en los diferentes tratamientos de riego no debe explicarse por diferentes valores de evaporación directa de agua desde el suelo, sino más bien podría ser debida a la mayor frecuencia de riegos en los tratamientos de mayor suministro estacional de agua, pero también a los efectos del estrés hídrico durante el encañado del maíz dulce en los tratamientos deficitarios.

Los valores medios de la IE para los rendimientos en mazorcas comerciales con

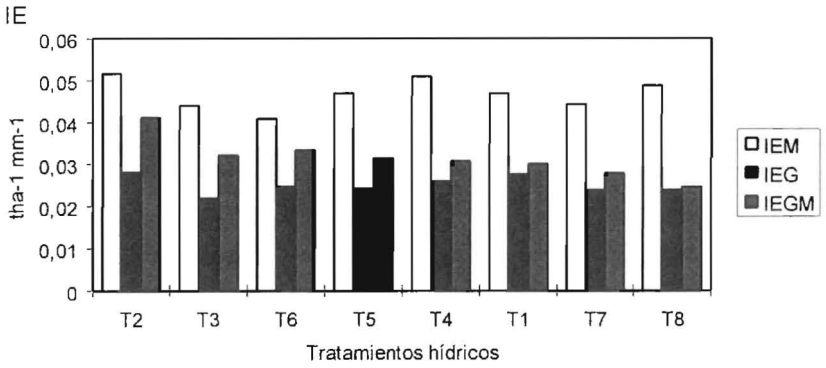


Figura 2. Valores de la eficiencia del agua de riego estacional (IE) referidos a la producción de materia seca aérea (IE_{DM}), al peso de grano fresco (IE_G) y al rendimiento de mazorcas con espatas (IE_M) en los distintos tratamientos aplicados

Figure 2. Seasonal irrigation water efficiencies (IE) related to total aeril dry matter production (IE_{DM}) fresh grain weight (IE_G) and dressed ears yield (IE_M) in different irrigation treatments

brácteas y en grano tierno manifestaron una tendencia muy parecida, alcanzándose los valores máximos de IE_M= 51,7 kgha^{-1} mm^{-1} y IE_G= 28,0 kgha^{-1} mm^{-1} para el tratamiento hídrico T2, valores muy parecidos a los obtenidos por el tratamiento referencia T1. Los tratamientos hídricos supuestamente más excedentarios son los que participan de los inferiores valores de IE_G, 23,8-23,9 kgha^{-1} mm^{-1}. Un déficit controlado en el encañado-floración, formación de la cosecha y la maduración comercial del grano mejora los valores de IE, como lo demuestran los valores obtenidos de IE_M en los tratamientos hídricos T4 y T5: 50,9 y 46,9 kgha^{-1} mm^{-1} respectivamente. ANDREW y WEIS (1974) obtienen valores de IE_M que, dependiendo del año de estudio, oscilaron entre 25,0 y 61,0 kgha^{-1} por cada mm de agua (riego + lluvia) recibida por el cultivo de maíz dulce cuando los suministros de agua fueron deficitarios, y entre 27,0 y 49,0 kgha^{-1} mm^{-1} con los mayores volúmenes estacionales de agua.

Conclusiones

La densidad poblacional obtenida al final de este ensayo se ha visto afectada por el sistema de riego por aspersión, elegido para favorecer la nascencia, en un suelo estructuralmente inestable y con tendencia al encostramiento, junto con la falta de vigor que caracteriza a las semillas de esta especie.

Con respecto al rendimiento cuantitativo, puede afirmarse que la producción total de materia seca aérea y los rendimientos en mazorcas comerciales y en grano tierno se vieron muy afectados por el déficit hídrico, y en mayor grado cuando éste fue más

intenso y continuado a lo largo del ciclo de cultivo de maíz dulce. La mayor caída del rendimiento se produjo en la producción de mazorcas comerciales con brácteas (58,86%), seguida de las caídas de la producción de mazorcas comerciales sin espatas, de grano tierno y de biomasa total seca: 54,73, 54,50 y 39,30 %, respectivamente.

El estrés hídrico produjo una fuerte reducción del número de mazorcas comerciales por hectárea y del peso medio unitario de ellas, que llegó a ser del orden de 27,23% y 43,56% para estos dos componentes del rendimiento, respectivamente, en el tratamiento más estresado con respecto al no restringido.

El índice de cosecha también fue muy afectado por los tratamientos diferenciales de riego. En el tratamiento más deficitario de estrés hídrico más intenso y prolongado, el índice de cosecha fue el 74,26% del tratamiento hídrico supuestamente más excedentario.

Con respecto a los parámetros de calidad, el riego disminuye el contenido de sólidos solubles (°Brix) del grano tierno, alarga ligeramente el ciclo de maduración comercial del mismo y mejora claramente las dimensiones de las mazorcas comerciales frescas.

Las relaciones entre la producción de materia seca total aérea y de los rendimientos en mazorcas comerciales, con y sin brácteas, y en grano fresco frente al agua recibida por las parcelas (riego + lluvia) para el cultivo del maíz dulce fueron de tipo expopolinómica de tercer grado, con altos valores del coeficiente de determinación (R^2: 97-98%) y errores estándares de las estimaciones variables entre 38 y 75 $kgha^{-1}$. En todas las relaciones establecidas se ha detectado un valor máximo de las variables de producción estudiadas, que corresponde a volúmenes estacionales de agua recibidos por el cultivo comprendidos entre 385 y 410 mm, lo que confirma al maíz dulce como una buena alternativa para los regadíos de la provincia de Albacete, y en otras zonas con disponibilidades limitadas de agua de riego.

El agua de riego parece ser que se aprovecha mejor durante las etapas de encañado y la maduración comercial del grano del ciclo de cultivo de maíz dulce.

La alta frecuencia del riego y una posible pérdida de nutrientes por lavado podría explicar los reducidos valores de las distintas IE calculadas para los tratamientos más excedentarios (T7 y T8), con valores de IE_M= 0,044-0,049 tha^{-1} mm^{-1}, de IE_G= 0,0238-0,0239 tha^{-1} mm^{-1} y IE_{MS}= 0,0246-0,0278 tha^{-1} mm^{-1}. El tratamiento hídrico más deficitario, de estrés hídrico más intenso y prolongado (T2), fue el que ofreció los valores máximos de IE: IE_M= 0,0517 $tha^{-1}mm^{-1}$, IE_G= 0,0280 $tha^{-1}mm^{-1}$ y IE_{MS}= 0,042 $tha^{-1}mm^{-1}$.

Agradecimientos

Al Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP, S.A) de Albacete por la concesión de una subvención para la realización de la presente investigación.

A Pedro Gómez Picazo por su inestimable ayuda en las tareas de campo y laboratorio.

Bibliografía

ANDREW R.H., WEIS G.G., 1974. Variation in effectiveness of supplemental irrigation on sweet corn yield components. Agron. J. 66. 345-350.

BAKER J.M., 1990. Measurement of soil water content.Remote Sensing Rev. 51. 263-279.

BIANCHI A., 1969. Le maïs comme culture horticole: le maïs sucre. Sementi elette 15. 220-229.

BRAUNWORTH W.S., MACK H.J. 1987a. Evaluation of irrigation scheduling methods for sweet corn. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112. 29-32.

BRAUNWORTH W.S., MACK H.J., 1987b. Effect of deficit irrigation on yield and quality of sweet corn. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112. 32-35.

CALDWELL D.S., SPURGEON W.E., MANGES H.L., 1994. Frecuency of irrigation for subsurface drip-irrigated corn. Trans. ASAE 37. 1099-1103.

CAMP C.R., SADLER E.J., BUSSCHER W.J., 1989. Subsurface and alternate-middle microirrigation for the southeastern Coastal Plain. Trans. ASAE 32. 451-456.

CAMP C.R., GARRETT J.T., SADLER E.J., BUSSCHER W.J., 1993. Microirrigation management four double-cropped vegetables in humid area. Trans. ASAE 36. 1639-1644.

CANTLIFFE D.J., WOLF E.A., WHITE J.M., 1975. Improved germination and plant of ' Florida sweet' corn by seed treatment. Proc. Fla. State Hort. Soc. 88. 170-173.

CAROLUS R.L., SCHLEUSENER P.E., 1950. Effect of irrigation on yield of snap beans sweet corn. and tomatoes as influenced by certain cultural practices in 1949. Michigan Agr. Expt. Sta. Quart. Bul. 32. 465-478.

DAYNARD T.B., TANNER J.W., HUME D.J., 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (Zea mays L.). Crop Sci. 9. 831-834.

DE JUAN J.A., MARTÍN DE SANTA OLALLA F.J., 1993. Las funciones de producción versus agua. En: Agronomía del riego . 447-547. Mundi-Prensa. S.A. Universidad de Castilla-La Mancha. Madrid. España.

DELACROIX J.P., 1974. Le maïs doux et l´avenir de sa commercialisation. Monographie de L´Institut Supérieur d´Agriculture. L´Ille. Paris. France.

DERIEUX M., DARRIGRAND M., GALLAIS A., BARRIÈRE Y., BLOC D., MONTALANT V., 1987. Estimation du progrés génétique chez le maïs grain en France entre 1950 et 1985. Agromomie 7. 1-11.

DEUMIER J.M., LACROIX B., BOUTHIER A., 1981. Alimentation en eau du maïs en période préfloraison et élaboration du rendement en grain. In: Physiologie et production du maïs. 359-366. AGPM-INRA. Paris. France.

DOORENBOS J., KASSAMA H., 1986. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje nº 33. FAO. Roma. Italia.

DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1977. Crop Water Requeriments. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. Rome. Italy.

EVANS D.A., MACK H.J., STEVENSON D.S., WOLFE J.W., 1960. Soil moisture. nitrogen. and stand density effects on growth and yield of sweet corn. Oregon Agr. Expt. Sta. Tech. Bul. 53.

FLEURY A., 1991. L´élaboration du rendement. outil de diagnostic sur l´effet des techniques. In: Physilogie et production du maïs. 277-290. AGPM-INRA. Paris. France.

GARRITY D.P., WATTS D.G., SULLIVAN C.Y., GILLEY I.R., 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspiration-yield relationships. Agron. J. 74. 815-820.

GUPTA S.C., LARSON W.E., 1989. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution. organic matter content. and bulk density. Water Resour. Res. 15. 1633-1635.

HOWELL J.A., CUENCA R.H., SALOMON K.H., 1990. Crop yield response. In: G.F. Hoffman. T.A. Howell. K.H. Salomon (eds). Management of Farm Irrigations Systems.93-112. St. Joseph. MI. USA.

HUET S., JOLIVET E., MESSEAN A., 1992. La régresion non-linéaire. INRA Editions. Paris. France.

HUME D.J., CAMPBELL D.K., 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can J. Plant Sci. 52. 362-368.

INGLETT G.E., 1970. Corn. culture. processing. The Avi Publishing Co. Inc. Wesport. Connecticut. USA.

ITCF., 1989. STAT-ITCF. Institut Technique des Ceréales et des Fourrages. Paris. France.

JONES R.J., SIMMONS S.R., 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. Crop Sci. 23. 129-134.

JURGENS S.K., JOHNSON R.R., BOYER J.S., 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain nill. Agron. J. 70. 678-682.

LAMM F.R., MANGES H.L., STONE L.R., KHAN A.H., ROGERS D.H., 1995. Water requeriment of drip-irrigated corn in Northwest Kansas. Trans. ASAE 38. 441-448.

LAMM F.R., ROGERS D.H., MANGES H.L., 1994. Irrigation scheduling with planned soil water depletion. Trans. ASAE 37. 1491-1497.

LOGEOU J., GOYTINO B., 1991 Densité de culture et distance entre rangs: conséquences en matiére de preconisation sur les estructures de peuplement. In: Physiologie et production du maïs. 345-366. AGPM- INRA. Pau-Paris. France.

MACGILLIVRAY J.H., 1949. Effect of irrigation on the growth and yield of sweet corn. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54. 330-338.

MACKAY D.C., EAVES C.A., 1962. The influence of irrigation treatments on yields and on fertilizer utilization by sweet corn and snap beans. Can. J. Plant Sci. 42. 219-228.

MANTOVANI E.C., 1993. Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación de riego sobre producción de los cultivos. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.

MAROTO J.V., ALARGADA J., BONO M.S., LÓPEZ-GALARZA S., PASCUAL B., 1991. Efectos de la aplicación de un antitranspirante (Pinolene) en la incidencia de mazorcas con las puntas desecadas en el cultivo de maíz dulce (Zea mays L. var. Rugosa Bonaf). Primeros resultados. Agrícola Vergel / junio. 407-410.

MARTÍN DE SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A., 1993. La programación de riegos. In: F.J. Martín de Santa Olalla y J.A de Juan (coords.). Agronomía del Riego. 551-610. Ed. Mundi-Prensa. S.A. Universidad de Castilla-La Mancha. Madrid. España.

MILLER D.E., BURKE D.W., 1983. Response of dry beans to dailey deficit sprinkler irrigation. Agron. J. 75. 775-778.

MILLER S.F., BOERSMA L.L., 1966. Economic analysis of water, nitrogen, and seeding rate relationships in corn production on woodburn soils. Or. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul. 98.

MOLINA E., 1990. Maíz dulce (Zea mays var. rugosa). Agrícola Vergel. abril. 338-341.

MOSLEY A.R., 1973. Responses of sweet corn to plant population and planting arrangements. Outdoor Vegetable Crops Res. 1. 49-50.

PARERA C.A., CANTLIFFE D.J., 1994. Presowing seed treatments to enhance supersweet corn seed and seedding quality. HortScience 29. 277-278.

PEIRCE L.C., 1987. Sweet corn. In: Vegetables. Characteristics. Production. and Marketing. 383-397. John Wiley and Sons. Inc. New York. NY. USA.

PETERSEN K.L., MACK H.J., CUENCA R.H., 1985. Effect of tillage on the crop-water production function of sweet corn in Western Oregon. HortScience 20. 901-903.

PETERSON H.B., BALLARD J.C., 1953. Effect of fertilizer and moisture on the growth and yield of sweet corn. Utah Agr. Expt. Stat. Bul. 360.

QUATTAR S., JONES R.J., CROOKSTON R.K., KAJEIOU M., 1987. L´adaptation du grain de maïs (Zea mays L.) a la secheresse pendant la phase reproductive. In: Le maïs et l´eau. 1-18. Colloque Alimentation Hydrique du maïs. Agen. 8 et 9 Décembre 1987. AGPM-ITCF. Agen. France.

RAWLS W.L., BRANKENSIER D.L., SAXTON K.E., 1982. Estimation of soil water properties. Trans.ASAE 25. 1316-1320.

RIBAS F., MORENO M., CABELLO M.J., MORENO A., 1998. Influencia del riego y del abonado potásico en el contenido de azúcar del melón en Ciudad Real. XVI Congreso Nacional de Riegos. Palma de Mallorca. Baleares. España.

RICHARDS L.A., 1941. A pressure-membrane extraction apparatus for soil solution. Soil Sci. 51. 377-386.

RODRIGO M., VAYA J., LORENZO P., NAVARRO A., SAFON J., PUIG M., 1984. Maíz dulce para conservas: variedades. cultivo e industrialización. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (C.S.I.C). Valencia. España.

SAFONTAS J.E., DI PAOLA. J.C., 1985. Drip irrigation of maize. In: Drip/Trickle Irrigation to Action. Proc. of the Third Int. Drip/Trickle Irrigation Congress. Fresno. USA.

SAN MARTÍN C., MACUA J.F., SAN AGUSTÍN J.L., SAEZ C.I., 1994. Influencia de la dosis de riego sobre la producción y la calidad del tomate para la industria

para concentrado. XII Jornadas Técnicas sobre Riegos. Santa Cruz de Tenerife. Tenerife. España.

SAS Institute. 1995. ANOVA. In: SAS Users Guide: Statistics. 113-138. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.

STANBERRY C.O., SCHREIBER H.A., LOWREY M., JENSON C.L., 1963. Sweet corn production as affected by moisture and nitrogen variables. Agron. J. 55. 159-161.

STEEL R.G.A., TORRIE J.H., 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2ª Edición y primera en castellano. Mc Graw-Hill. México D.F. México.

STEGMAN E.C., 1982. Corn grain yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits. Irr. Sci. 3. 75-87.

STEGMAN E.C., 1983. Irrigation scheduling: Applied timing criteria. In: D. Hillel (ed.) Advances in Irrigation. Vol. 2. 1-30. Academic Press. New York. NY. USA.

STEGMAN E.C., 1986. Efficient irrigation timing methods for corn production. Trans. ASAE 29. 203-210.

STEWART J.I., HAGAN R.M., 1973. Functions to predict effects of crop water deficits. J. Irrig. Drain. Div. ASCE 99. 421-439.

STEAWART J.I., HAGAN R.M., PRUITT W.O., DANIELSON R.E., FRANKLIN W.F., HANKS R.J., RILEY J.P., JACKSON E.B., 1977. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. PRWG 151-1. September. 1977. Utah. Water Research Laboratory. College of Engineering. Utah State University. Logan. Utah. USA.

VAN LOON W.K.P., PERFECT E., GROENEVELT P.H., KAY B.D., 1990. A new method to measure bulk electrical conductivity in soils with time domain reflectometry. Can. J. Soil Sci. 70. 403-410.

VAUX H.J., PRUITT W.O., HATCHETT S.A., DESOUZA F., 1981. Optimization of water use with respect to crop production. Tech. Completion Rep. California Dep. Water Resour. Agreement B-53395. Davis. CA. USA.

VAUX H.J., PRUITT W.O., 1983 Crop-water production functions. In: D. Hillel (ed) Advances Irrigation. Vol.2. 61-97. Academic Press. N.Y. USA.

VITTUM M.T., PECK N.H., CARRUTH A.F., 1959. Response of sweet corn to irrigation. fertility level and spacing. New York State Agr. Expt. Stat. Bul. 786.

WADE W.H., ALSTRAND D.V., BENJAMIN H.A., JACKSON J.M., 1950. Influence of packing conditions on the process requeriments of vacuum packed whole kernel corn. Food Technol. 4. 129-132.

WATTS D.G., DEHLINGER C.R., WOLFE J.W., SHEARER M.N., 1968. Consumptive use and net irrigation requeriments for Oregon. Oregon Agr. Expt. Sta. Cir. Inf. 628.

WEI L.S., STEINBERG M.P., NELSON A.I., 1967. Quality of sweet corn during maturation as determined by two rapide objetive methods. Food Technol. 21. 106-108.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 3, 241-246

APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y ANILLADO EN UVA DE MESA 'RUBY SEEDLESS'

R. Mancilla y Díaz Infante[1]

Campo Experimental La Laguna (CELALA)
Apartado Postal 247
Torreón, Coahuila 27000

México

RESUMEN

'Ruby Seedless' es una buena alternativa para la producción de uva (*Vitis vinfera* L.) sin semilla para consumo en fresco en la Comarca Lagunera. La objeción para incrementar la superficie plantada con este cultivar es el tamaño de la baya y la menor resistencia al manejo, que los cultivares con semilla actualmente producidos. El objetivo del trabajo fue determinar la efectividad del anillado del tronco y la aplicación de ácido giberélico (AG) para incrementar el peso de la baya de 'Ruby Seedless' en parras de cuatro años de edad con alto y bajo vigor. En cada grupo de parras se probaron los tratamientos siguientes: a) Anillado del tronco (4,7 mm); b) Dos aspersiones de 40 mg L^{-1} AG dirigidas a los racimos y espaciadas una semana; c) Anillado y dos aspersiones de 40 mg L^{-1} AG; y d) Testigo sin tratamiento. Las parras fueron anilladas al cuajado del fruto y las aspersiones de AG se iniciaron una semana después del anillado. El peso de las bayas en las plantas de bajo vigor fue 30,4 % menor que en las plantas de alto vigor. En las parras de bajo vigor, tanto el anillado como las aspersiones de AG no tuvieron efecto en el peso medio de la baya, aunque el testigo sin tratamiento tendió a producir bayas más grandes. En las parras con vigor alto, dos aspersiones de 40 mg L^{-1} AG no tuvieron efecto significativo en el peso de la baya, con relación al testigo. El anillado provocó un incremento ($p \leq 0,05$) de 14% en el peso de la baya y un retraso significativo ($p \leq 0,05$) en la maduración, el cual se reflejó en la acumulación de sólidos solubles, que resultó 1,7 °B menor que lo observado en las parras testigo. El anillado del tronco fue más eficiente que las aplicaciones de AG para incrementar el peso de la baya en uvas Ruby Seedless, pero retrasó la maduración. En parras con bajo vigor, estas prácticas tendieron a reducir el peso de la baya.

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., Peso de la baya, Sólidos solubles, °Brix, Vigor, Anillado del tronco.

SUMMARY
GIBBERELLIC ACID APPLICATION AND GIRDLING ON 'RUBY SEEDLESS' TABLE GRAPES

Ruby Seedless' is a good alternative for quality seedless table grape (*Vitis vinifera* L.) production for the Comarca Lagunera. Objections for increasing the area planted to 'Ruby Seedless' in the region are berry size and less tolerance to handling than that of current seeded cultivars. The objective of this study was to determine the effec-

1. E-mail: mancilla_raul@infosel.net.mx

tiveness of trunk girdling and gibberellic acid (GA) application on berry weight increase in low and high vigor four year old Ruby Seedless grapevines. Four treatments were applied on low and high vigor grapevines: a) Trunk girdling (4.7 mm); b) Two GA cluster applications of 40 mg L^{-1} one week apart; c) Girdling and two GA applications of 40 mg L^{-1}; and d) Untreated control. Vines were girdled at fruit set, and the first application of GA was done one week after girdling. Berry weight for low vigor vines was 30.4 % lower than that in vigorous plants. Girdling and GA applications had no effect on berry weight in low vigor vines, but the untreated control had the tendency to bigger berries. Two sprayings of 40 mg L^{-1} of GA did not significant increase berry weight from the control treatment in high vigor vines. Girdling caused a significant ($p \leq 0.05$) increase in berry weight (14 %), compared to the untreated vines, and a significant ($p \leq 0.05$) delay in fruit maturity, which resulted in 1.7 °B less than that observed in the untreated vines. Trunk girdling was more efficient than application of GA in increasing berry weight in Ruby Seedless grapes, but it delayed maturity. In vines with low vigor, these practices tended to reduce berry weight.

Key words: *Vitis vinifera* L., Berry weight, Soluble solids, °Brix, Vigor, Trunk girdling.

Introducción

Las características de producción de uva, que en la Comarca Lagunera ha presentado el cv. Ruby Seedless, lo sitúan como una alternativa más en la producción de uva para consumo en fresco (MANCILLA y MADERO, 1997). La objeción de los productores a este cultivar es el tamaño de su baya, susceptibilidad al desgrane (desprendimiento de las bayas durante la cosecha y en poscosecha) y menor resistencia al manejo, almacenamiento y transporte, en comparación con las variedades con semilla que actualmente se comercializan.

Los problemas de este cultivar pueden ser atribuidos al manejo inadecuado de su potencial productivo y de su alto vigor (BENT-TAL, 1990), por lo que manejado adecuadamente Ruby Seedless podría producir fruto de alta calidad, y sería de las pocas uvas sin semilla de interés comercial en La Laguna.

La técnica de anillado y la aplicación de ácido giberélico (AG) para incrementar el tamaño de la baya, principalmente en uvas sin semilla, son prácticas comunes en las áreas productoras de uva para consumo en fresco (JENSEN, 1994; LAVEE, 1994; ORTH, 1994; PÉREZ-HARVEY, 1994). En la Comarca Lagunera, en donde hay interés de los productores por las uvas sin semilla, actualmente es mínima la superficie plantada y la producción de este tipo de uvas, por lo que se tiene poca experiencia en la aplicación de estas técnicas de producción.

La aplicación de estas prácticas culturales para incrementar el peso de las bayas de Ruby Seedless ha sido controvertida (EZZAHOUNI *et al.*, 1985; HARREL y WILLIAMS, 1987), de manera que se justifica el estudio de ellas en la región, en donde esta variedad ha mostrado alto potencial.

El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad de las aspersiones de AG y/o el anillado del tronco, para incrementar

el peso de las bayas del cv. Ruby Seedless en plantas con bajo y alto vigor, ya que su tamaño natural en la región es comercialmente objetado.

Material y métodos

La zona vitícola de la Comarca Lagunera esta localizada entre los 24° 30' y los 27° de latitud norte y entre los 102° y 104° 40' de longitud oeste; su altura sobre el nivel del mar es de 1120 m; su precipitación media anual es de 250 mm, siendo los meses de máxima precipitación julio, agosto y septiembre.

El estudio se llevó a cabo en un viñedo de Ruby Seedless de cuatro años de edad, plantado en sus propias raíces a una densidad de 1735 parras por hectárea (3,2 m x 1,8 m), en doble cordón bilateral, con separación de 70 cm entre cordones a una altura de 1,30 m y un sistema de espaldera de pérgola inclinada.

Las hileras de parras tienen 175 m de largo, y muestran deficiencia de humedad edáfica al final de las hileras, lo que afecta el vigor de las plantas. Esta situación permitió llevar a cabo el estudio bajo dos condiciones de planta, una en parras de alto vigor con 3,5 kg de peso medio de madera producida por planta en el ciclo anterior, y la otra con parras de bajo vigor, cuya producción media de madera por planta había sido de 1,9 kg.

Cada prueba se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completos al azar, en arreglo factorial 2^2 con tres repeticiones. La unidad experimental fue de tres plantas. Los tratamientos aplicados fueron: a) Anillado del tronco a 3/16" (4,7 mm); b) Dos aspersiones de 40 mg L^{-1} AG (establecido como el mejor tratamiento por Madero[2] en pruebas preliminares en la región); c) Anillado y dos aspersiones de AG a 40 mg L^{-1}; d) Testigo sin tratamiento.

El anillado se hizo con navajas especialmente diseñadas para esta actividad, las cuales constan de dos filos separados 4,7 mm. Esta operación se realizó al amarre o cuajado del fruto, cuando las bayas tenían 3 mm de diámetro, y al mismo tiempo se hizo el aclareo o eliminación de racimos y bayas, dejando de uno a dos racimos por brote, los cuales se despuntaron para dejar de seis a ocho brazos en la parte superior del racimo. La primera aspersión de AG (Pro-Gibb Plus de Abbott, polvo soluble con 10% de AG_3) se efectuó una semana después del amarre del fruto, cuando las bayas tenían de 6 y 5 mm en las parras de alto y bajo vigor, respectivamente. La segunda aplicación de AG se llevó a cabo una semana después de la primera, cuando el tamaño medio de las bayas era de 10 y 8 mm en las plantas de alto y bajo vigor.

A la cosecha se evaluó el efecto de los tratamientos, en una muestra al azar de 100 bayas por unidad experimental. En cada muestra se determinó el peso promedio de las bayas y la acumulación de sólidos solubles (°Brix). Para la determinación del peso de las bayas se utilizó una balanza electrónica Scout (Ohaus Co.) con 0,1 g de precisión. Los °Brix se determinaron con un refractómetro de mano Atago modelo ATC-1 con escala de 0 a 32 % y compensación de temperatura automática.

2. Madero T., E. 1996. Investigador. INIFAP Campo Experimental La Laguna. Apdo. 247. Torreón, Coah.

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostró que la interacción entre la aplicación de AG y anillado del tronco, no fue significativa para las variables peso medio de la baya y la concentración de sólidos solubles (°Brix), siendo sus efectos independientes.

El peso medio de la baya en las parras con bajo vigor fue 30,4 % menor que en las plantas con alto vigor, evidenciando que la disminución de vigor por déficit hídrico redunda en disminución del tamaño de la baya a la cosecha (cuadro 1). Este efecto ha sido previamente documentado por WINKLER *et al.* (1974).

En parras de bajo vigor, el anillado y las aspersiones de AG no tuvieron efectos significativos en el peso medio de la baya, aun que el testigo sin tratamiento tendió a producir bayas más grandes. El número de racimos dejados por brote en relación con la capacidad productiva de las plantas con bajo vigor, es otro factor que pudo influenciar el crecimiento de la baya, como ha sido establecido por otros investigadores (EZZAHOUANI *et al.*, 1985; HARRELL y WILLIAMS, 1987).

Acorde con los resultados obtenidos en otras zonas vitícolas con la aplicación de AG (EZZAHOUANI *et al.*, 1985), se observó que aun con dos aspersiones de 40 mg L^{-1} AG_3 en parras con alto vigor, no hubo incremento significativo en el peso medio de la baya, en relación con el testigo. En cambio, HARRELL y WILLIAMS (1987) reportaron incrementos respecto al testigo ($p<0,01$) de 0,26 y 0,56 g en aplicaciones a toda la planta y sólo a los racimos, respectivamente, indicando que las aplicaciones de AG a parras de 'Ruby Seedless' no son redituables, ya que es poco el incremento en el peso de la baya, en relación con el costo del producto y de su aplicación.

Un efecto interesante fue observado durante la cosecha en los racimos aplicados con AG. Se observó un notable incremento en el grosor y fuerza de amarre del pedicelo a los brazos laterales del racimo y a las bayas, reduciendo en forma notable el desprendimiento de las bayas, y ya que no fue cuantificado se sugiere su evaluación en trabajos futuros, ya que puede tener importancia económica. Esta misma observación es establecida por Peacock en sus experimentos con Ruby Seedless y mencionada por KATZ (1997).

El anillado del tronco en parras con alto vigor incrementó ($p \leq 0,05$) el peso medio de la baya en 14 % (0,37 g) en comparación con el testigo sin tratamiento; también provocó un retraso significativo ($p \leq 0,05$) en la maduración de las uvas, estimado mediante la concentración de sólidos solubles (°B) a la cosecha, ya que la concentración fue 1,7 °B menor que la obtenida en el testigo. El efecto depresivo del anillado sobre la acumulación de sólidos solubles en el cv. Ruby Seedless, fue también establecido por HARRELL y WILLIAMS (1987), mientras que EZZAHOUANI *et al.* (1985) detectaron lo contrario.

Conclusiones

El vigor de las parras mostró ser un factor importante en el peso medio de la baya alcanzado a la cosecha, en el cultivar de vid Ruby Seedless.

El anillado del tronco incrementó significativamente el peso medio de la baya, pero retrasó la maduración de la uva.

CUADRO 1
EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y ANILLADO EN EL PESO DE LA BAYA Y ACUMULACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) EN UVAS DE MESA 'RUBY SEEDLESS' PRODUCIDAS BAJO CONDICIONES DE ALTO Y BAJO VIGOR

TABLE 1
INFLUENCE OF GIBBERELLIC ACID APPLICATION AND GIRDLING ON BERRY WEIGHT AND SOLUBLE SOLIDS (°BRIX) IN 'RUBY SEEDLESS' TABLE GRAPES UNDER LOW AND HIGH VIGOR CONDITIONS

	Peso medio baya (g)		°Brix	
Tratamiento	Alto vigor	Bajo vigor	Alto vigor	Bajo vigor
Sin tratamiento	2,57 b[1]	2,06 a	18.8 a	18.7 a
Anillado	2,94 a	1,90 a	17.1 b	16.9 b
AG (40 + 40 mg L-1)[2]	2.66 b	1,81 a	19.7 a	18.7 a
Anillado + AG (40+40 mg L-1)[2]	2,85 a	1,91 a	17,7 b	16.6 b

(1) Separación de medias dentro de columnas con la prueba de t-DMS ($p \leq 0,05$).
(2) Aspersiones de AG con una semana de intervalo iniciadas una semana después del amarre del fruto

Dos aplicaciones de 40 mg L^{-1} de ácido giberélico no afectaron significativamente el peso medio de la baya, por lo que no se recomienda su aplicación en Ruby Seedless para este fin.

En plantas de bajo vigor sometidas a déficit hídrico, la práctica de anillado y dos aplicaciones de ácido giberélico, tienden a disminuir el peso medio de la baya y la acumulación de sólidos solubles.

Agradecimientos

A la Fundación Produce, Coah. y al Programa SIREYES por el soporte económico. A la P.P. La Batalla y Sr. Elías López Montoya por las facilidades y apoyo técnico en el desarrollo de este estudio.

Bibliografía

BENT-TAI Y., 1990. Effects of gibberellin treatments on ripening and berry drop from Thompson Seedless grapes. Am. J. Enol. Vitic., 41(2),142-146.

EZZAHOUANI A., LASHEEN A.M, WALALLI L., 1985. Effects of gibberellic acid and girdling on 'Thompson Seedless' and 'Ruby Seedless' table grapes in Morocco. HortScience, 20(3), 393-394.

HARRELL D.C., WILLIAMS L.E., 1987. The influence of girdling and gibberellic acid applications at fruitset on Ruby Seedless and Thompson Seedless Grapes. Am. J. Enol. Vit., 38(2), 83-88.

JENSEN F.L., 1994. Table grape production in California. En: Proc. Inter. Symp. Table Grape Production, pp. 26-30. J.M. Rantz, (Ed.). Amer. Soc. Enol. Viticult., Davis, Calif.

KATZ M., 1997. Highlights of Danuba table grapes seminar. Grape Grower, 29(3):22

LAVEE, S., 1994. Table grape production in Israel. En: Proc. Inter. Symp. Table Grape Production, pp. 8-

17. J.M. Rantz, (Ed.). Amer. Soc. Enol. Viticult., Davis, Calif.

MANCILLA y D.I., R., MADERO T., E., 1997. Evaluación de diferentes sistemas de espaldera de amplia expansión vegetativa en el cultivar Ruby Seedless. In: Proyectos de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología Vitícola 1996. CELALA-INIFAP. Matamoros, Coahuila. 103 pp.

ORTH, C.H.F., 1994. Table grape production in South Africa. En: Proc. Inter. Symp. Table Grape Production, pp. 22-25. J.M. Rantz, (Ed.). Amer. Soc. Enol. Viticult., Davis, Calif.

PÉREZ-HARVEY, J., 1994. Table Grape Production in Chile. En: Proc. Inter. Symp. Table Grape Production, pp. 1-7. J.M. Rantz, (Ed.). Amer. Soc. Enol. Viticult., Davis, Calif.

WINKLER A.J., COOKJ.A., KLIEWER W.M., LIDER L.A., 1974. General Viticulture. 710 pp. Univ. of Calif. Press, Berkeley and Los Angeles, U.S.A.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 1999)

ITEA (1999). Vol. 95V N.° 3, 247-266

CARACTERÍSTICAS VARIETALES DE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.) CULTIVADOS EN EL LEVANTE ESPAÑOL

M.V. Andrés*
J. Rodríguez**
J.M. Durán*

* Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
28040-Madrid

** Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario
30150-La Alberca (Murcia)

España

RESUMEN

A partir de 20 clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) de cinco años de edad, cultivados en Abarán (Murcia), se analizaron de forma comparativa las siguientes características varietales: 1, época de floración; 2, época de maduración; 3, morfología y calidad del fruto y 4, producción. Las épocas de floración y maduración y la entrada en producción media se determinaron durante tres años consecutivos. La morfología del fruto fue estimada a partir del peso, longitud, anchura, espesor y dimensiones de la cavidad peduncular y la calidad por medio de la acidez, pH y sólidos solubles (grados Brix). Las diferencias que presentan estos clones nos confirman la gran variabilidad fenotípica que caracteriza a esta especie. Por la época de floración se pueden establecer tres grupos perfectamente definidos: floración precoz (3 clones), media (13 clones) y tardía (4 clones). La época de maduración divide estos clones en cuatro grupos: muy precoces (5 clones), precoces (1 clon), semitardíos (11clones) y tardíos (3 clones). La entrada en producción media osciló entre 40 y 159 kg árbol^{-1}, siendo 'Velázquez' el clon más productivo y el grupo 'Pepito'-'Fenómeno' el menos productivo. La morfología y la calidad de los frutos también ofrecen diferencias muy significativas. Los clones 'Fenómeno', 'Currot' y 'Carrichosa 1x3' podrían seleccionarse en función de la precocidad y los clones 'Velázquez', 'Reales Cortos' y 'Chicanos Archena' en función de la productividad y del calibre.

Palabras clave: Floración, Fruto, Maduración, Producción, *Prunus armeniaca* L.

SUMMARY
CHARACTERIZATION OF APRICOT (*PRUNUS ARMENIACA* L.) VARIETIES GROWING IN SPANISH'S SOUTHEAST

Five year old trees of twenty apricot (*Prunus armeniaca* L.) clones, grown at Abarán (Murcia), were characterized according to: 1, Blooming period; 2, maturity period; 3, fruit morphology and fruit quality and 4, yield. Blooming period, harvesting

period and average yield were obtained using three year experimental data. Fruit morphology studies included weight, length, width, thickness and peduncular cavity morphology determinations. Fruit quality was estimated using pH, acidity and soluble solids (Brix degrees). According to the blooming period these clones can be divided into three clearly separated groups: Early flowering (3 clones), medium flowering (13 clones) and late flowering (4 clones). With respect to the maturity period four groups can be established: Very early (5 clones), early (1 clone), medium (11 clones) and late (3 clones). Average yield fluctuated between 40 and 159.0 kg.tree^{-1}. 'Velázquez' was the most and 'Pepito' the last productive clones. Morphology and fruit quality also presented highly significant differences. The clones 'Fenómeno', 'Currot' and 'Carrichosa 1x3' could be selectioned for their early maturity period and the clones 'Velázquez', 'Reales Cortos' and 'Chicanos Archena' for their average yield and weight fruit.

Key words: Blossom, fruit, maturity, yield, *Prunus armeniaca* L.

Introducción

El cultivo del albaricoquero (*P. armeniaca*), especie que parece ser es originaria del Turkestán chino, comenzó en China, desde donde se expandió a Asia central, Irán, Asia menor, Armenia y Siria. A Europa llegó a Grecia e Italia procedente de Armenia y a España a traves de los árabes (RODRIGO, 1996).

La amplia difusión de esta especie nos indica que posee una gran capacidad de adaptación; no obstante, sus variedades, según señalan diferentes autores (COURANJOU *et al.* 1975; PAUNOVÍC, 1980 y MARTÍNEZ, 1986), presentan requerimientos climáticos muy específicos y fuera de su lugar de cultivo tradicional, su comportamiento es malo o muy mediocre.

La falta de plasticidad de las variedades ocasiona que, como característica común a todos los países cultivadores, la producción sea alternante y muy concentrada en determinadas regiones y variedades (MARTÍNEZ, 1986).

Desde el punto de vista económico y dada la concentración de este producto en los mercados durante el mes de junio, ESPADA (1988) entiende que las mejores posibilidades de producción en las zonas tempranas corresponderían a variedades cuya producción se concentrara durante el mes de mayo y primeros de junio, y en las zonas medias y tardías en julio y agosto; de ahí la gran importancia que tiene la época de maduración. Seleccionar variedades bien adaptadas, con épocas de floración y maduración adecuadas para cada región, con una productividad elevada y uniforme, carecería de interés si éstas no fueran acompañadas por otros caracteres relacionados con la calidad. Siendo indispensable que las variedades que el seleccionador ponga en producción posean buenas cualidades organolépticas y respondan a los criterios de resistencia a las manipulaciones (SOUTY *et al.*, 1990).

Según COURANJOU *et al.* 1975 entre las características a tener en cuenta en el estudio de una variedad se encuentran la rapidez de la entrada en producción, la época de floración, la época de maduración, la productividad y regularidad de la pro-

ducción, la sensibilidad a *Monilia*, además de caracteres del fruto satisfactorios (forma, tamaño, coloración, calidad gustativa y aptitud para las manipulaciones y transporte).

AUDERGON *et al.* (1988) consideran que el vigor, la época de floración, la compatibilidad floral, la época de maduración, la productividad y las características cuantitativas y cualitativas del fruto son caracteres determinantes en la elección varietal.

Según BADENES *et al.* (1998) entre los objetivos de la mejora del melocotonero cabe destacar los factores de calidad del fruto como: firmeza de la carne, ausencia de punta, ausencia de huesos abiertos, color atractivo y buen sabor.

BADENES *et al.* (1996) estudiaron los sistemas enzimáticos de 94 variedades de albaricoquero con objeto de clasificar éstas en distintos grupos. De los 13 sistemas enzimáticos estudiados seis fueron polimórficos en hojas y otros tres, además, lo fueron en polen.

El albaricoquero es un cultivo muy extendido en toda la región de Murcia, con variedades adaptadas a distintos climas, siendo muy fácil apreciar variaciones en fechas de floración dentro de la misma variedad según comarcas, y dentro de éstas según términos municipales e incluso parajes. Estos desfases también se mantienen en el desarrollo y maduración del fruto (LÓPEZ y PERTUSA, 1985). Esta problemática, como hemos podido observar, es común a las principales zonas productoras.

El estudio descrito en este trabajo forma parte de una de las líneas de actuación de un programa de mejora genética que en 1975 se inició en el Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario (CRIDA) de Murcia, actualmente Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), en una de cuyas líneas de actuación se incluyó la prospección y recolección de material genético de albaricoquero de Murcia, Valencia y Albacete. Una vez establecida la colección se efectuaron estudios anuales sobre su comportamiento agronómico, a la vez que se realizó una amplia caracterización cuantitativa y cualitativa del fruto. El trabajo de caracterización tuvo por objeto conocer aspectos de la biología varietal (épocas de floración y maduración, productividad y características del fruto) que tienen una importancia decisiva en la elección varietal, como paso previo a la obtención de nuevas variedades, mediante un programa de mejora.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Conocer las características varietales que nos permitan seleccionar aquellos genotipos más interesantes para ser utilizados como parentales en un programa de mejora.

2. Determinar si las características morfológicas del fruto y la calidad del zumo son un método válido para establecer diferencias entre clones.

Máterial y métodos

El trabajo se realizó con veinte clones de albaricoquero ('Fenómeno', 'Currot', 'Rojo de Carlet', 'Palabras', 'Mauricios', 'Liberato', 'Velázquez', 'Reales Cortos', 'Ojaico', 'Pepito', 'Cebollero', 'Real Fino de Molina', 'A-22', 'Chicanos Archena', 'Caninos', 'Carrichosa 1x3', 'Pacorros Archena', 'Carrascal', 'Pelícanos Archena' y 'Moniquí Fino') cultivados en Abarán (Murcia) y establecidos sobre patrón franco. Todos fueron plantados en enero de 1986 a un marco de plantación 8 x 5 m^2.

Durante los años 1990-92 se tomaron las fechas de inicio, plena y final de floración. Como inicio de floración se consideró la fecha en que las primeras flores alcanzaran el estado F (FLECKINGER, 1945); como plena floración, se tomó aquella en que el 75-100 % de las flores habían llegado al estado F y como final de floración, cuando el mismo porcentaje de flores habían alcanzado el estado G, según recomiendan TABUENCA y HERRERO (1966). Las fechas de floración (inicio, plena y final) de cada cultivar son las medias de los años 1990-92. Las variedades se ordenaron de acuerdo con la fecha de plena floración (HERRERO y TABUENCA, 1965), se realizó la representación gráfica de la época media de floración de cada una de ellas y los veinte clones se clasificaron en tres grupos: Precoces, medios y tardíos

Durante los años 1990-92 se tomaron las fechas de inicio y fin de maduración. Como inicio de maduración se consideró la fecha en que en los primeros frutos desaparece el color verde y comienza a observarse el color característico de la variedad; como final de maduración se consideró aquella en la que el 100 % de los frutos habían alcanzado su color característico. Las fechas de maduración con las que se trabajó fueron las medias de los años 1990-92. Para cada clon se calculó el intervalo comprendido entre el inicio de maduración, tomando como tal la media del inicio de maduración de los años 1990-92, y final de maduración; en este caso, también se tomó la media de los años 1990-92.

Atendiendo al intervalo de maduración los veinte clones se clasificaron en cuatro grupos: muy precoces, precoces, semitardíos y tardíos.

Durante los años 1989-91 se pesó la producción total de cada uno de los veinte clones. Dentro de cada variedad se tomaron dos repeticiones (árboles con orientación Norte y Sur), por lo que la producción calculada fue la media de dos árboles. Los veinte clones se ordenaron según la producción de 1991 y estas producciones se representaron gráficamente junto con las correspondientes a la primera cosecha (1989).

La caracterización del fruto se realizó cuando el árbol se encontraba entre el inicio y el final de maduración, tomando aleatoriamente dentro de cada clon una muestra de 20 frutos.

Las dimensiones del fruto medidas fueron: altura (ALT), comprendida entre el mucrón y el pedúnculo; espesor (ESP), como diámetro del fruto, comprendido entre la línea de sutura y su cara opuesta y anchura (ANC), como diámetro del fruto perpendicular a la línea de sutura (figura 1). También se midieron la profundidad (PRO) y anchura de la cavidad peduncular (ACP), y se determinó el peso (PES) y el volumen (VOL) medio del fruto.

La cantidad de azúcar se estimó en función del índice refractométrico, por existir una buena correlación entre éste y el contenido total de azúcar (SOUTY *et al.*, 1990). El índice refractométrico, lo mismo que el pH y la acidez, expresada como ml de NaOH (1N) necesarios para neutralizar la acidez de una solución del fruto, se determinaron realizando cuatro medidas procedentes cada una de ellas del zumo de los cinco frutos que integraban cada uno de los cuatro lotes en que se dividió la muestra inicial de veinte.

Las variedades se ordenaron de acuerdo con la fecha de plena floración (HERRERO y TABUENCA, 1965), se realizó la representación gráfica de la época media de floración de cada una de ellas y los veinte clo-

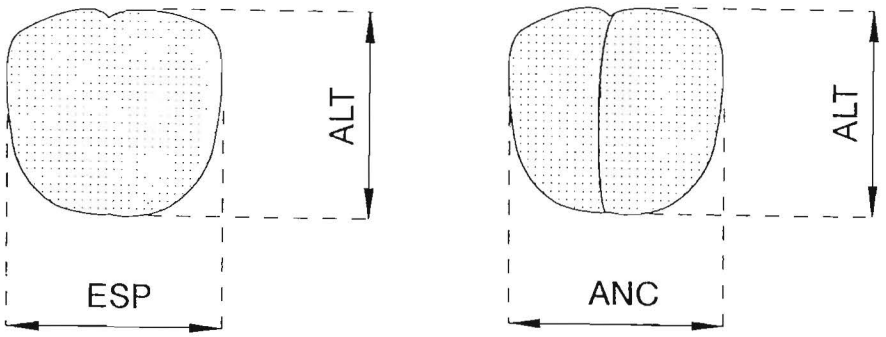


Figura 1. Relaciones dimensionales del fruto del albaricoquero: altura (ALT), anchura (ANC) y espesor (ESP)
Figure 1. Apricot fruit dimensions measured: height (ALT), width (ANC) and thickness (ESP)

nes se clasificaron en tres grupos: Precoces, medios y tardíos.

Para analizar las características del fruto se calculó la media ($\bar{x}$) el error estándar (SE) y el coeficiente de variación (CV) de cada una de las 10 variables, previamente descritas en relación con la morfología o la calidad del fruto. El modelo de análisis de varianza utilizado fue:

$$x_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{j(i)}$$

siendo:

x_{ij} = Variable analizada.
μ = Media general.
C_i = Efecto debido al clon i.
$\varepsilon_{j(i)}$ = Efecto debido al error experimental.

Finalmente, las medias de las variables, cuando las diferencias entre clones resultaron estadísticamente significativas, se separaron utilizando la prueba del rango múltiple de Duncan (LITTLE y HILLS, 1991).

El cálculo de la intensidad de asociación entre cada dos variables se efectuó mediante un análisis de correlación simple (Pearson). La significación de cada uno de los coeficientes de correlación se calculó mediante el correspondiente análisis de varianza.

La agrupación de los clones se realizó en función de su semejanza respecto a la media de los parámetros del fruto estudiados, mediante un dendograma en el que la proximidad entre pares de elementos se determinó utilizando la distancia de Pearson (WILKINSON, 1986).

Resultados y discusión

Época de floración

Para la media de los años 1990-92 el inicio de floración se produjo el 14 de febrero, fecha en la que comenzó a florecer el clon 'Currot' y concluyó el 8 de marzo, coincidiendo con el inicio de la floración de 'Cebollero' y 'Pepito' (figura 2).

Las fechas de floración plena de los veinte clones oscilaron entre el 20 de febre-

ro ('Currot') y el 13 de marzo ('Chicanos Archena', 'Cebollero', 'Pepito'). Este intervalo permite clasificar los 20 clones en 3 grupos: A, precoces (plena floración hasta el 28 de febrero), este intervalo englobaría los clones 'Currot', 'Carrichosa 1x3' y 'Palabras'; B, medios (plena floración entre el 1 y 10 de marzo), este se iniciaría con 'Fenómeno' y finalizaría con 'Pelícanos Archena' y C, tardíos (plena floración a partir del 11 de marzo), desde 'Moniquí Fino' hasta 'Pepito'.

La fecha de floración puede variar en función de las condiciones microclimáticas; por lo tanto, es difícil que para una misma variedad ésta coincida en distintas regiones y años (AUDERGON *et al.*, 1988). Así por ejemplo, GARCÍA y BERENGUER (1992) comprobaron que en dos zonas de la región de Murcia, con distinta climatología, las mismas variedades tuvieron distintas épocas de floración, en función de las necesidades de frío y de calor de las variedades.

En la zona más cálida, en general se produjo un retraso en la floración, debido a un déficit de frío invernal. No obstante se encontraron dos variedades ('Palstein', temprana con bajas necesidades de frío y 'Búlida') en las que sucedió lo contrario.

Epoca de maduración

El primer clon en madurar fue 'Fenómeno' cuya maduración se inició el 19 de mayo y el último 'Moniquí Fino', que lo hizo a partir del 24 de junio (figura 3).

La amplitud del intervalo comprendido entre la maduración del primer y último clon nos permitió clasificar los 20 clones en cuatro grupos. El primer grupo está integrado por clones que iniciaron la maduración entre el 19 y el 27 de mayo ('Fenómeno', 'Currot', 'Palabras', 'Carrichosa 1x3' y 'Mauricios') y que denominaremos muy precoces, ; el grupo de los precoces, integrado por un solo clon ('Rojo de Carlet'), maduró entre el 2 y 8 de junio, dentro de los clones con época de maduración semitardía se incluyen aquellos que la iniciaron entre el 9 y 17 de junio y engloba los clones comprendidos entre 'Chicanos Archena' y 'Cebollero' y por último, los clones tardíos que iniciaron la maduración a partir del 21 de junio y comprende 'Pacorros Archena', 'Real Fino de Molina' y 'Moniqui Fino'.

Las fechas de maduración del grupo que hemos denominado muy precoces los hacen aptos para competir en la Unión Europea (UE) en la que la producción está concentrada en el mes de junio (ESPADA, 1988).

Al implantar un cultivo en una zona concreta hemos de tener en cuenta que la época de maduración, igual que sucedía con la de floración, está sujeta a fluctuaciones en las que influyen, entre otros factores, las condiciones climáticas, tal y como queda de manifiesto en el trabajo de EGEA *et al.* (1994) que en la definición de variedad precoz, media y tardía siempre hace referencia a la localización de la variedad.

Entrada en producción

La producción máxima de las variedades ensayadas fue de 159 kg.arbol^{-1}, en el clon Velázquez siendo la mínima ('Pepito') próxima a 10 kg.árbol $^{-1}$ (figura 4).

La escasez en la producción de este último clon sería suficiente según AUDERGON *et al.* (1988) para eliminarlo a la hora de realizar cualquier selección varietal. La productividad es una carac-

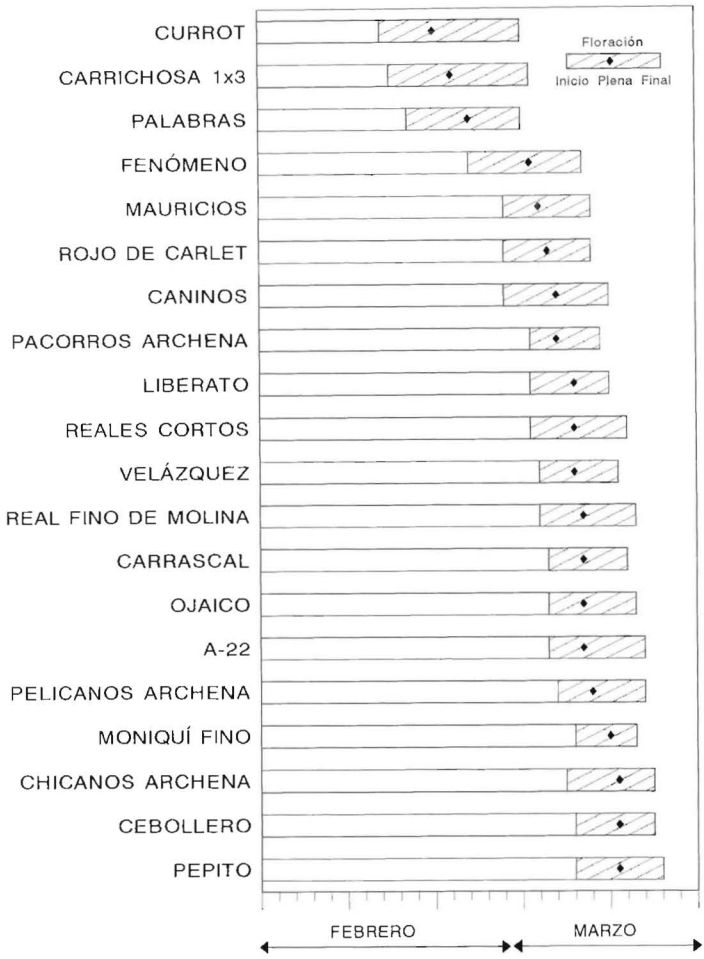


Figura 2. Epocas de floración de veinte clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) cultivados en Abarán (Murcia). Las fechas de floración corresponden a las medias de los años 1990-92
*Figure 2. Blooming periods (1990-92) of twenty apricot (*Prunus armeniaca *L.) clones grown at Abarán (Murcia)*

terística que, al igual que otros factores, puede resultar afectada por el clima y por la biología floral, siendo a veces la autocompatibilidad o la androesterilidad las causas responsables de la escasa fructificación de algunas variedades (EGEA, 1992); por ello, según nuestro criterio, antes de eliminar una variedad basándonos en su baja producción es preciso conocer los factores que pueden haberla desencadenado.

La alta producción de 'Velázquez' confirma el alto porcentaje de fructificación que observaron ANDRÉS y DURÁN (1998) al

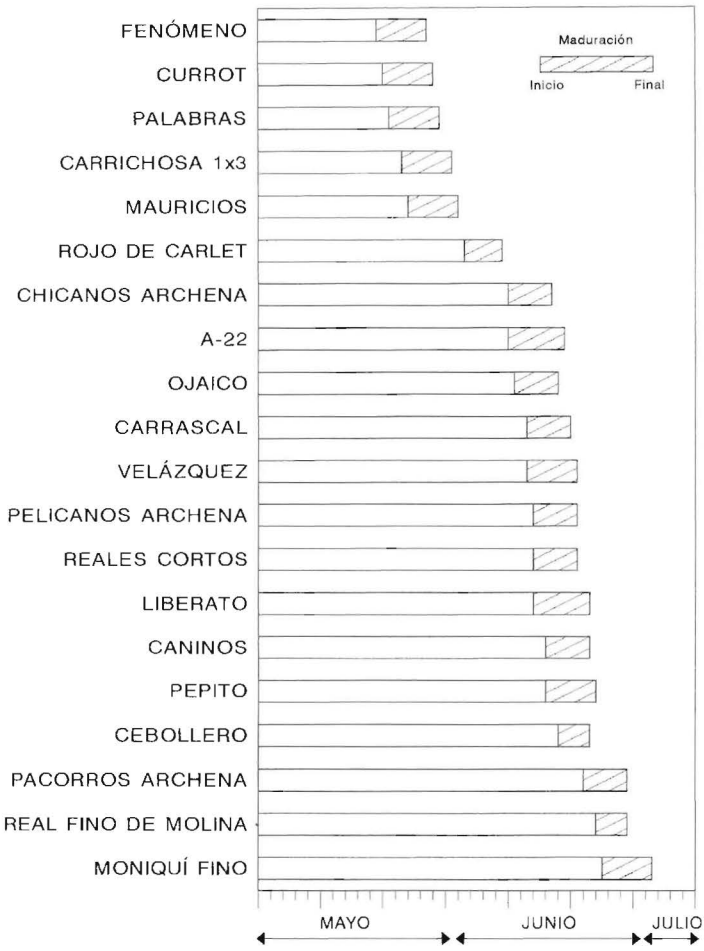


Figura 3. Fechas de maduración de veinte clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) cultivados en Abarán (Murcia). Como inicio de maduración se tomó la fecha en que los primeros frutos comenzaron a adquirir el color característico de la variedad y como final aquélla en la que todos los frutos tenían su color característico

*Figure 3. Maturity period of nineteen apricot (*Prunus armeniaca *L.) clones grown at Abarán (Murcia). The maturity period starts when the first fruit shows the characteristic color of the variety and ends when all the fruits show their characteristic color*

contabilizar el cuajado de fruto, de este clon, obtenido mediante polinización libre.

Al observar las producciones correspondientes a la primera cosecha se aprecia que existen variedades en las que su producción está muy próxima a la alcanzada en cosechas posteriores como es el caso de 'Reales Cortos'; mientras que existen otras

como 'Velázquez' y 'Chicanos Archena', que siendo más tardíos en producir tienen una productividad más alta.

Atendiendo a su entrada en producción (P) podemos clasificar los clones en cuatro grupos: A, escasa ($P < 60$ kg.árbol^{-1}) que comprende el intérvalo entre 'Pepito' y 'Fenómeno'; B, media ($60 < P$ (kg.árbol^{-1}) < 80) desde 'A-22' hasta 'Carrichosa 1x3'; C, alta ($80 < P$ (kg.árbol^{-1}) ≤ 120) desde 'Mauricios' hasta 'Liberato' y D, muy alta ($P > 120$ kg.árbol^{-1}), desde 'Caninos' hasta 'Velázquez'.

Morfología y calidad del fruto

Las diferencias entre los veinte clones, para cada uno de los diez caracteres del fruto analizados, muestran la gran variabilidad fenotípica que presenta el albaricoquero.

El cuadro 1 recoge la media de diez caracteres del fruto de los veinte clones de albaricoquero incluidos en este trabajo.

Todas las variables analizadas dieron valores medios cuyas diferencias entre clones fueron altamente significativas ($p \leq 0{,}001$), tal como se refleja en el cuadro 2.

En el cuadro 1 también se observan los grupos que la prueba del rango múltiple de Duncan establece entre las medias de los veinte clones, para cada una de las variables analizadas.

Atendiendo al peso del fruto, que oscila entre 33 ('Fenómeno') y 80,6 g ('Caninos'), el test de Duncan permitió establecer trece grupos con distinto grado de conexión entre ellos. No obstante, el cuadro 3 muestra los grupos que atendiendo al peso del fruto se pueden establecer siguiendo la clasificación que con respecto al calibre se sigue en la comercialización (AUDERGON *et al.*, 1988). Más recientemente, el Diario Oficial de las Comunidades Europeas 19/93 (ANÓNIMO, 1993) reduce a tres (pequeño, mediano y grande) los tamaños a tener en cuenta para clasificar los frutos de albaricoquero.

Los mercados actuales tienden a valorar las variedades de gran calibre (AUDERGON *et al.*, 1988). No obstante, los calibres pequeños, si son de buena calidad, pueden tener aceptación en determinados mercados como es el caso de Checoslovaquia, país en el que tienen buena venta los calibres pequeños (HERNÁNDEZ, 1992).

El índice refractométrico (BRI), como medida de la cantidad de sólidos solubles del fruto, la mayor parte de los cuales son azúcares, osciló entre valores que según la clasificación de ALAVOINE (1988) se consideran pobres en azúcares ($BRI < 11$) como es el caso de 'Rojo de Carlet', 'Palabras', 'Real Fino de Molina', 'Carrichosa 1x3', 'Currot', ''Chicanos Archena' y 'Rojo de Carlet', hasta valores muy superiores a los que este autor considera ricos en azúcares ($BRI > 12$) siendo este el caso de 'A-22', 'Cebollero' y 'Ojaico', cuyos índices refractométricos fueron superiores ($BRI > 14$).

SOUTY *et al.* (1990) encontraron una buena correlación entre el contenido en azúcares totales y la medida del índice refractométrico, aunque según estos autores no es tan buena como la que existe en otras especies, como por ejemplo en melocotonero, lo que explican en función de la naturaleza del fruto del albaricoquero, que no permite exprimir su fruto fácilmente y también por su fuerte acidez que puede influir sobre la medida del índice de refracción. Por otra parte, también hemos de tener en cuenta lo que comentan BELLUAU

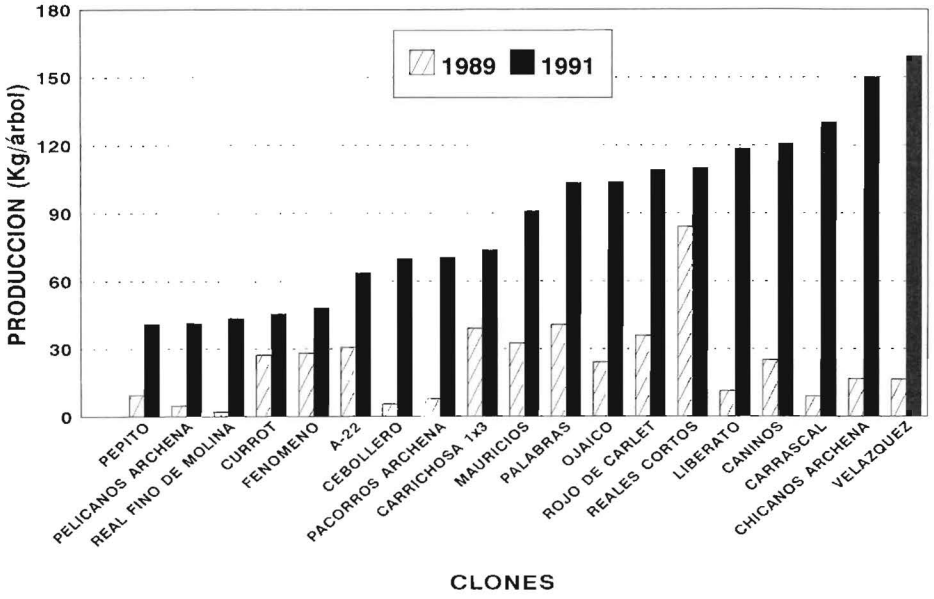


Figura 4. Producción de diecinueve clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) cultivados en Abarán (Murcia). Año de plantación 1986 y primera cosecha, 1989

*Figure 4. Yield of apricot (*Prunus armeniaca *L.) clones grown at Abarán (Murcia). Plantation year, 1986 and first yield, 1989*

y PINET (1988) cuando indican que el contenido en azúcares es un carácter genético, que se encuentra influenciado por la carga del árbol, siendo inversamente proporcional a ésta.

La acidez, expresada como la cantidad de NaOH (1N) necesaria para neutralizar 10 ml de zumo, osciló entre valores próximos a 8 ('Fenómeno', 'Currot' y 'Carrichosa 1x3') y valores mucho más elevados, como es el caso de los clones 'Pepito' y 'Cebollero', que precisaron respectivamente 15,4 y 16,3 ml. Respecto a la acidez, el test de Duncan permitió establecer doce grupos, algunos de los cuales no presentan ninguna conexión con el anterior y/o posterior, este es el caso de 'Real Fino de Molina', 'Pepito', el grupo formado por 'Carrichosa 1x3', 'Carrascal' y 'A-22', y el grupo integrado por los clones 'Fenómeno' y 'Currot'.

El pH rresultó ser un carácter menos variable que el anterior, con valores que oscilaron entre 3,45 ('Rojo de Carlet') y 4,40 ('Carrascal'). En este caso, el test de Duncan permitió establecer ocho grupos, con mayor grado de conexión entre ellos.

La altura, anchura y espesor del fruto (parámetros que definen la forma) son bastante variables, el test de Duncan permitió

CUADRO 1

PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SEPARAR LAS MEDIAS DE DIEZ CARACTERES DEL FRUTO EN VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.). LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS POR LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($P \leq 0,05$)

TABLE 1

DUNCAN'S TEST OF TEN FRUIT CHARACTERISTICS OF TWENTY APRICOT (PRUNUS ARMENIACA *L.) CLONES. AVERAGE VALUES FOLLOWED BY THE SAME LETTER SHOW NO STATISTICAL DIFFERENCES ($P \leq 0.05$)*

CLON	ALTURA (mm)	CLON	ANCHURA (mm)	CLON	ESPESOR (mm)
Pelícanos Archena	52,6 a	Caninos	51,6 a	Real Fino Molina	52,6 a
Reales Cortos	50,4 b	Reales Cortos	50,3 ab	Caninos	52,1 ab
Caninos	50,3 b	Pelícanos Archena	49,6 bc	Reales Cortos	51,8 abc
Real Fino Molina	49,4 bc	Velázquez	48,4 cd	Pelícanos Archena	51,2 abcd
Pepito	49,3 bc	Pacorros Archena	47,8 de	Velázquez	51,0 bcd
Velázquez	49,2 bc	Real Fino Molina	47,2 def	Pacorros Archena	50,1 cde
Pacorros Archena	48,5 c	Chicanos Archena	47,0 defg	Pepito	49,8 de
Liberato	45,6 d	Pepito	46,8 efg	Liberato	48,7 ef
Cebollero	44,6 d	Liberato	46,8 efg	A-22	47,8 fg
Moniquí Fino	44,5 de	Cebollero	46,0 fg	Carrascal	47,6 fg
Carrascal	44,5 de	Carrascal	45,9 fg	Cebollero	47,0 g
Chicanos Archena	44,0 de	A-22	45,5 g	Chicanos Archena	46,8 g
A-22	42,9 e	Ojaico	43,6 h	Ojaico	46,5 g
Ojaico	40,5 f	Moniquí Fino	41,7 i	Moniquí Fino	44,0 h
Palabras	39,5 fg	Carrichosa 1x3	41,1 ij	Rojo de Carlet	43,0 hi
Carrichosa 1x3	38,5 gh	Rojo de Carlet	40,9 ij	Carrichosa 1x3	42,5 ij
Currot	37,9 h	Palabras	40,7 ijk	Palabras	42,4 ij
Mauricios	36,3 i	Currot	39,6 jk	Currot	41,1 jk
Rojo de Carlet	35,8 ij	Mauricios	39,3 k	Mauricios	40,3 k
Fenómeno	34,6 j	Fenómeno	37,1 l	Fenómeno	38,9 l

CUADRO 1 (Continuación)

PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SEPARAR LAS MEDIAS DE DIEZ CARACTERES DEL FRUTO EN VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.). LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS POR LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($P \leq 0,05$)

TABLE 1

*DUNCAN'S TEST OF TEN FRUIT CHARACTERISTICS OF TWENTY APRICOT (*PRUNUS ARMENIACA *L.) CLONES, AVERAGE VALUES FOLLOWED BY THE SAME LETTER SHOW NO STATISTICAL DIFFERENCES ($P \leq 0.05$)*

CLON	PROFUNDIDAD CAVIDAD PEDUNCULAR (mm)	CLON	ANCHURA CAVIDAD PEDUNCULAR (mm)	CLON	PESO (mm)
Palabras	7,5 a	A-22	19,0 a	Caninos	80,6 a
Currot	7,1 ab	Reales Cortos	18,9 a	Pelícanos Archena	75,5 b
Rojo de Carlet	6,7 bc	Caninos	18,7 a	Pacorros Archena	72,6 bc
Fenómeno	6,3 cd	Pepito	18,0 ab	Reales Cortos	71,0 c
Pepito	6,3 cd	Chicanos Archena	18,0 ab	Real Fino Molina	66,6 d
Pacorros Archena	6,1 cde	Pelícanos Archena	17,3 b	Velázquez	65,2 de
Carrichosa 1x3	6,0 cdef	Pacorros Archena	17,1 b	Pepito	61,4 ef
Carrascal	5,8 defg	Cebollero	15,8 c	Liberato	60,9 f
A-22	5,7 defg	Carrascal	15,7 c	Carrascal	60,0 fg
Liberato	5,7 defg	Palabras	15,7 c	Chicanos Archena	57,6 fgh
Cebollero	5,5 defgh	Moniquí Fino	15,4 c	Cebollero	56,7 gh
Reales Cortos	5,5 defgh	Liberato	14,8 c	A-22	55,8 hi
Caninos	5,3 efghi	Currot	14,8 c	Ojaico	52,2 ij
Moniquí Fino	5,2 fghiq	Real Fino Molina	14,7 c	Moniquí Fino	48,4 j
Ojaico	5,2 fghi	Rojo de Carlet	13,4 d	Rojo de Carlet	41,5 k
Chicanos Archena	5,0 ghi	Fenómeno	13,0 de	Carrichosa 1x3	40,4 k
Mauricios	4,7 hi	Carrichosa 1x3	12,2 def	Currot	39,1 kl
Real Fino Molina	4,7 hi	Ojaico	12,1 ef	Palabras	39,0 kl
Velázquez	4,6 i	Mauricios	11,7 ef	Mauricios	35,3 lm
Pelícanos Archena	3,5 ij	Velázquez	11,3 f	Fenómeno	33,0 m

CUADRO 1 (Continuación)

PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SEPARAR LAS MEDIAS DE DIEZ CARACTERES DEL FRUTO EN VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.). LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS POR LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($P \leq 0,05$)

TABLE 1

DUNCAN'S TEST OF TEN FRUIT CHARACTERISTICS OF TWENTY APRICOT (PRUNUS ARMENIACA *L.) CLONES, AVERAGE VALUES FOLLOWED BY THE SAME LETTER SHOW NO STATISTICAL DIFFERENCES ($P \leq 0.05$)*

CLON	VOLUMEN (ml)	CLON	GRADOS BRIX	CLON	ACIDEZ (ml NaOH, 1 N)	CLON	pH
Caninos	82.0 a	Ojaico	15.8 a	Real Fino de Molina	16,3 a	Carrascal	4,40 a
Pacorros Archena	74.0 b	Cebollero	14.9 b	Pepito	15,4 ab	A-22	4,38 ab
Reales Cortos	73.8 b	A-22	14,3 c	Pelícanos Archena	13.8 c	Liberato	4,30 ab
Pelícanos Archena	73,0 bc	Moniquí Fino	14,0 cd	Chicanos Archena	13,4 cd	Velázquez	4,30 ab
Real Fino de Molina	68.5 cd	Carrascal	13.9 cde	Moniquí Fino	12,8 de	Mauricios	4,28 b
Velázquez	67.5 d	Velázquez	13,8 cde	Ojaico	12,6 e	Cebollero	4,13 c
Pepito	61.8 e	Pacorros Archena	13.6 def	Pacorros Archena	12,3 ef	Caninos	4,08 cd
Liberato	61,0 e	Mauricios	13,3 ef	Palabras	12,2 ef	Chicanos Archena	4,05 cd
Carrascal	59,5 ef	Pepito	13,1 f	Caninos	11,8 fg	Ojaico	4,00 d
Cebollero	55,0 f	Liberato	12,2 g	Mauricios	11,6 fg	Pepito	3,88 e
Chicanos Archena	55,0 f	Fenómeno	12,1 g	Liberato	11,6 fg	Reales cortos	3,85 ef
A-22	54.7 f	Caninos	11,8 gh	Reales Cortos	11,3 gh	Fenómeno	3,85 ef
Ojaico	49.0 g	Reales Cortos	11,2 hi	Cebollero	10,7 hi	Currot	3,80 ef
Moniquí Fino	48.0 g	Pelícanos Archena	10,7 ij	Rojo de Carlet	10,4 i	Real Fino de Molina	3,80 ef
Carrichosa 1x3	42.8 h	Chicanos Archena	10,5 jk	Velázquez	10,2 i	Moniquí Fino	3,80 ef
Palabras	39.5 hi	Currot	10,0 k	Carrascal	9,3 j	Pelícanos Archena	3,80 ef
Currot	39,0 hi	Real Carrichosa 1x3	9,9 k	A-22	9,1 j	Carrichosa 1x3	3,75 fg
Rojo de Carlet	38,0 hi	Fino de Molina	8,0 l	Carrichosa 1x3	8,3 k	Pacorros Archena	3,68 g
Mauricios	35.3 i	Palabras	7,5 l	Fenómeno	7,5 l	Palabras	3,53 h
Fenómeno	29.5 j	Rojo de Carlet	7,4 l	Currot	7,3 l	Rojo de Carlet	3,45 h

CUADRO 2
PRUEBA F PARA DETERMINAR LA SIGNIFICACIÓN DEL EFECTO CLON PARA DIFERENTES VARIABLES RELACIONADAS CON LAS CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS DEL FRUTO DE VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.).

TABLE 2
DETERMINATION OF THE STATISTICAL SIGNIFICANCE (F TEST) OF THE CLONE FACTOR IN SEVERAL QUANTITATIVE FRUIT CHARACTERISTICS OF TWENTY APRICOT (PRUNUS ARMENIACA *L.) CLONES*

VARIABLE[1]	GL	CM	F
ALT	19	61.145	111.33***
ANC	19	32.440	69.36***
ESP	19	35.640	70.74***
PRO	19	1.727	12.63***
ACP	19	12.754	33.70***
PES	19	399.157	106.16***
VOL	19	922	83.22***
BRI	19	2.361	134.11***
ACI	19	2.249	84.36***
pH	19	29	65.25***

(***) $p \leq 0{,}001$.
(1) Variables: ALT, Altura (mm); ANC, Anchura (mm); ESP, Espesor (mm); PRO, Profundidad de la cavidad peduncular (mm); ACP, Anchura de la cavidad peduncular (mm); PES, Peso (g); VOL, Volumen (ml); BRI, Grados Brix y ACI, Acidez (ml de NaOH 1N).

establecer diez grupos para la altura y doce para la anchura y espesor.

Por último, nos resta comentar los resultados referentes a la anchura y profundidad de la cavidad peduncular; esta última, según el Diario Oficial de las Comu-nidades Europeas 19/93 (ANÓNIMO 1993), es una característica varietal cuyos grados de expresión son: superficial, media y profunda.

La anchura de la cavidad peduncular presentó menos diferencias entre clones que la profundidad, que osciló entre 0,75 ('Palabras') y 0,35 cm ('Pelícanos Archena') que fue la cavidad más superficial de las 20 estudiadas y significativamente diferente de las restantes. La anchura, con un valor medio próximo a 1,50 cm ('Cebollero', 'Carrascal', 'Palabras', 'Moniquí Fino', 'Liberato', 'Currot' y 'Real Fino de Molina') varió entre 1,90 ('A-22') y 1,13 cm ('Velázquez').

Los coeficientes de correlación entre los diez caracteres procedentes del fruto y del zumo de los veinte clones (cuadro 4) muestran que existe una alta correlación positiva entre los tres caracteres que definen las dimensiones del fruto (altura, anchura y espesor), así como entre éstos y el peso y el volumen del fruto, que a su vez también están positivamente correlacionados entre sí.

No existe correlación entre la cantidad de sólidos solubles y la acidez y la co-

CUADRO 3
CLASIFICACIÓN DE VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.) SEGÚN EL PESO DEL FRUTO
TABLE3
CLASSIFICATION OF TWENTY APRICOT (PRUNUS ARMENIACA *L.*) *CLONES ACCORDING TO THE FRUIT WEIGHT*

CLASE	PEQUEÑO	MEDIO	GRANDE	MUY GRANDE
PESO (g)	30-39	40-49	50-59	≥ 60
CALIBRE[1]	B	A	AA	AAA
CLONES				'Carrascal' 'Liberato' 'Pepito' 'Velázquez' 'Real Fino de Molina'
	'Fenómeno'	'Ojaico'		'Reales Cortos'
	'Mauricios'	'Carrichosa 1x3'	'A-22'	'Pacorros Archena'
	'Palabras'	'Rojo de Carlet'	'Cebollero'	'Pelícanos Archena'
	'Currot'	'Moniquí Fino'	'Chicanos Archena'	'Caninos'

(1) Calibre comercial, que corresponde a los pesos arriba indicados

rrelación del pH respecto a la acidez y los grados Brix fue negativa.

La incidencia de la acidez en la medida del índice refractométrico, que como se señaló anteriormente comentan SOUTY *et al.* (1990), podría explicar el que no hayamos encontrado correlación entre ambos parámetros, ya que es de suponer que en los frutos menos ácidos el índice refractométrico esté menos afectado por la acidez y que a su vez ésta altere más la medida de aquellos frutos que presenten menor cantidad de azúcar.

El dendograma que agrupa los veinte clones en función de la distancia Pearson (figura 5) refleja la gran heterogeneidad que presentan los frutos de estos clones respecto a los diez caracteres analizados.

El grupo más homogéneo aunque con diferencias entre ellos sería el formado por los clones 'Carrichosa 1x3', 'Caninos', 'Reales Cortos',' Velázquez', 'Pacorros Archena', 'Liberato', 'Currot', 'Carrascal', 'A-22' y 'Cebollero'.

A continuación señalaremos de forma detallada las semejanzas y diferencias dentro de este grupo. Los clones más próximos son 'Reales Cortos' y 'Caninos', que difieren entre sí, aunque con diferencias poco marcadas, en peso, volumen y pH.

En el grupo formado por los clones 'Cebollero', 'Carrascal', 'A-22' y 'Currot', los tres primeros son similares respecto a las dimensiones del fruto mientras que 'Currot' es de tamaño más reducido, tiene cavidad peduncular más profunda, menor

CUADRO 4

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE DIEZ CARACTERES PROCEDENTES DEL FRUTO Y DEL ZUMO DE VEINTE CLONES DE ALBARICOQUERO (PRUNUS ARMENIACA L.). ALT, ALTURA; ANC, ANCHURA; ESP, ESPESOR; PRO, PROFUNDIDAD DE LA CAVIDAD PEDUNCULAR; PES, PESO; VOL, VOLUMEN; BRI, GRADOS BRIX Y ACI, ACIDEZ

TABLE 4

CORRELATION COEFFICIENTS OF TEN FRUIT AND JUICE CHARACTERISTICS OF TWENTY APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.) CLONES. ALT, HEIGHT; ANC, WIDTH; ESP, THICKNESS; PRO, DEPTH OF THE PEDUNCULAR DEPRESSION; PES, WEIGHT, VOL, VOLUME; BRI, BRIX DEGREES AND ACI, ACIDITY

	ALT	ANC	ESP	PRO	ACP	PES	VOL	BRI	ACI pH
ALT		***	***	***	***	***	***	**	*** ns
ANC	0,844		***	***	***	***	***	***	*** ns
ESP	0,869	0,891		***	***	***	***	*	*** ns
PRO	-0,297	-0,205	-0,239		**	***	***	***	*** ns
ACP	0,478	0,478	0,432	0,141		***	***	ns	*** ns
PES	0,823	0,804	0,799	-0.294	0,439		***	**	*** ns
VOL	0.880	0,853	0,854	-0,293	0,461	0.908		**	** ns
BRI	0,141	0,168	0,110	-0,172	-0,043	0,154	0,141		ns ***
ACI	0.506	0,413	0.469	-0,253	0,216	0.412	0,422	0,045	***
pH	0,005	-0,013	0,053	-0,005	0,088	0,062	0,040	-0.323	-0,361

*** $p \leq 0{,}001$

** $p \leq 0{,}01$

* $p \leq 0{,}05$

(ns) No significativo

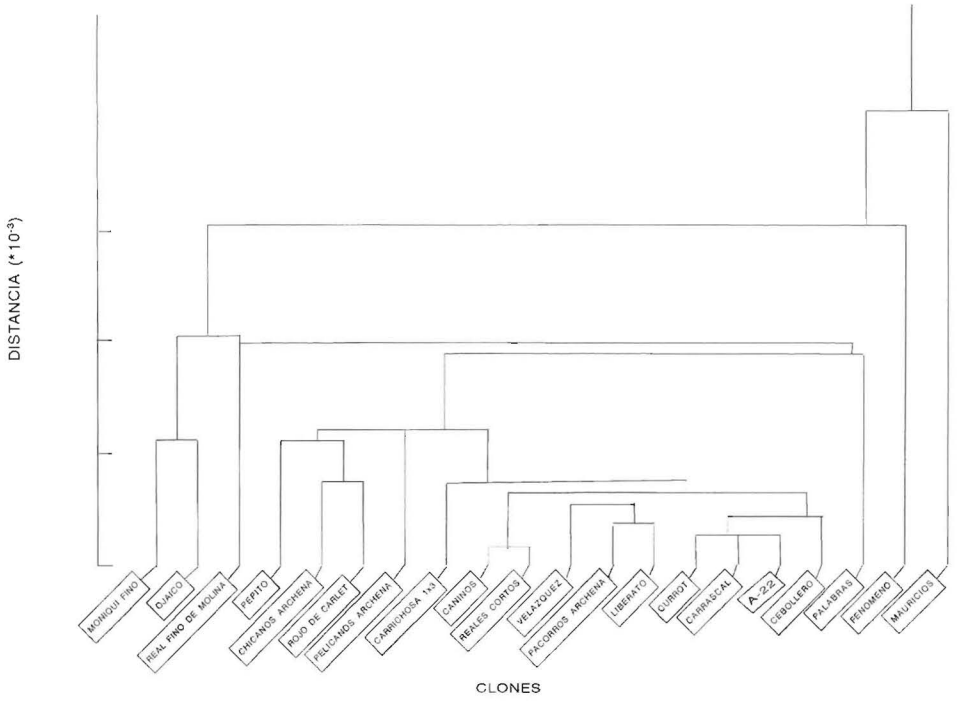


Figura 5. Agrupación de veinte clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) en función de diez caracteres del fruto y del zumo. La proximidad entre pares de elementos se determinó utilizando la distancia de Pearson

Figure 5. Grouping of twenty apricot (Prunus armeniaca *L.) clones according to ten characteristics of fruit and juice. Proximity between measures was estimated using Pearson's distance*

cantidad de sólidos solubles y también menor acidez y pH. El clon 'Cebollero' difiere del resto del grupo por tener más sólidos solubles y ser el más ácido. Mientras que el pH de este clon es intermedio entre el pH de 'A-22' (4,38) y 'Carrascal' (4,40), que fueron los de mayor pH del grupo, y el de 'Currot' que fue el de menor pH (3,80). Por último el clon 'A-22' difirió de los restantes clones por presentar la cavidad peduncular más ancha.

El grupo formado por los clones 'Liberato', 'Velázquez' y 'Pacorros Archena' tiene dimensiones similares, aunque 'Liberato' es algo más pequeño que los otros dos. 'Liberato' tiene también menor cantidad de azúcar y su acidez es intermedia entre la de 'Pacorros Archena', que es el más ácido de los tres y 'Velázquez' que es el menos ácido. El pH del clon 'Pacorros Archena' es sensiblemente inferior al de los otros dos clones.

Por último, el clon 'Carrichosa 1x3' se diferencia de estos tres subgrupos de clones por ser de dimensiones más pequeñas y tener menor acidez, pH y sólidos solubles.

Las agrupaciones, realizadas en función de la distancia de Pearson, muestran la gran

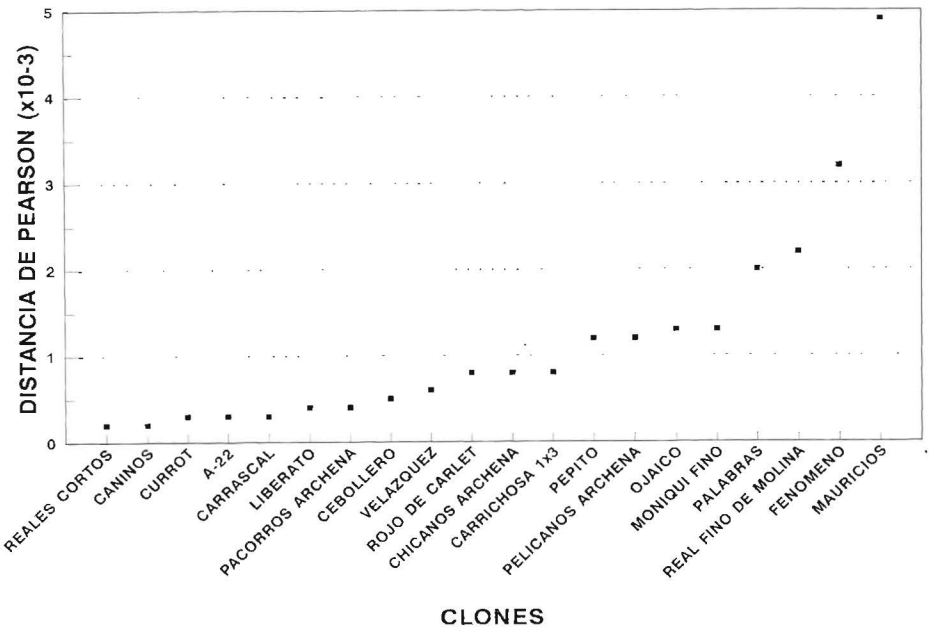


Figura 6. Distancia de Pearson que separa las características del fruto y del zumo en veinte clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.)

Figure 6. Pearson's distance used to classify the fruit and juice characteristics of twenty apricot (Prunus armeniaca *L.) clones*

heterogeneidad que respecto a las características del fruto presentan estos 20 clones, confirmando así la variabilidad fenotípica de esta especie, que ya se comentó al principio de este apartado y que quedó ampliamente demostrada en el trabajo de HERRERO e IBARZ (1971).

Las diferencias entre clones también nos indican que los parámetros analizados pueden servir para caracterizar los cultivares de albaricoquero que actualmente se cultivan, lo que permitirá aclarar la problemática existente en la región de Murcia en torno a esta especie, en la que existen numerosas sinonimias entre variedades y también entre variedades distintas, que son conocidas con la misma denominación.

En la figura 5 también se puede observar que el clon más alejado de los otros 19 es 'Mauricios'. Los frutos de este clon se caracterizan por ser de dimensiones pequeñas, aunque algo mayores que las del clon 'Fenómeno', en cambio presentan una cavidad peduncular más superficial que éste y mayor cantidad de azúcares, acidez y pH que 'Fenómeno'.

En la figura 6 está representada gráficamente la distancia Pearson que separa cada clon del más próximo a él. Observán-

dose claramente que los clones más distantes de los restantes son 'Fenómeno' y 'Mauricios'. Aunque no tanto como estos también es considerable la separación de 'Palabras' y de 'Real Fino de Molina' con los otros diecinueve clones.

Los caracteres con los que hemos trabajado nos han permitido clasificar las variedades estudiadas. El conocimiento de los caracteres pomológicos es fundamental para la obtención de nuevas variedades (BADENES *et al.*, 1993), aunque sería interesante complementarlo con las nuevas técnicas de identificación basadas en el estudio de caractéres bioquímicos y moleculares.

Las conclusiones de este trabajo son:

1. Las diferencias entre clones nos indican que los parámetros analizados son válidos para distinguir los clones de albaricoquero que actualmente se cultivan en el Levante español.

2. Como variedades tempranas se podrían seleccionar los clones 'Fenómeno', 'Currot 'y 'Carrichosa 1x3'. Dentro de las variedades que podrían aportar algún caracter interesante se encontrarían: 'Velázquez' (buen calibre, alto contenido en sólidos solubles y productivo), 'Reales Cortos' (buen calibre y productivo) y 'Chicanos Archena' (muy productivo y buen calibre)

Bibliografía

ALAVOINE F., 1988. La qualité gustative. L' Arboriculture Fruitiére, 403,57-59.

ANDRÉS M.V., DURÁN J.M., 1998. Self-incompatibility in Spanish clones of apricot (*Prunus armeniaca* L.) trec. Euphytica, 101, 349-355.

ANÓNIMO, 1993. Directiva 93/61/CEE de la Comision. MAPA, 19, 115.

AUDERGON J.M., DUFILLOL J.M., SIGNORET V., GILLES F., 1988. Les variétés. L'Arboriculture Fruitiére, 403, 21-56.

BADENES M.L., LLACER G., ASINS, M.J., GUERRI J., GARCÍAS., 1993. Caracterización pomológica de variedades y clones de albaricoquero. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal, 8, 56-65.

BADENES M.L., MARTÍNEZ-CALVO J., LORENTE M., LLÁCER G., 1998. Características del cultivo y de la mejora del melocotonero en Estados Unidos. Información Técnica Económica Agraria, 3, 165-176.

BADENES M.L., LLÁCER, G. 1996. Caracterización de variedades de albaricoquero mediante isoenzimas. Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal, 1, 7-20.

BELLUAU E., PINET CH., 1988. L'éclaircissage. L'Arboriculture Fruitiére, 404, 46.

COURANJOU J., CHAPA J., DUFILLOL J.M., GALI H., 1975. L'amelioration génetique de l'abricotier par l'INRA en France: II. Etude de l'espece et sélection de variétés. BTI, 300, 397-410.

EGEA J., 1992. Problemas de fructificación: Autoincompatibilidad en variedades de albaricoquero. Jornadas Técnicas sobre Producción y Comercialización de Albaricoque. Murcia, pp. 39-40.

EGEA J., GARCÍA J.E., BERENGUER T., 1994. Variedades de albaricoquero. Hortofruticultura, 6, 56-62.

ESPADA J.L., 1988. Situación actual y perspectivas del cultivo del albaricoquero. Surcos de Aragón, 22, 5-17.

FLECKINGER J., 1945. Notations phénologiques et représentations graphiques du dévelopment des bourgeons de Poirier. Comptes Rendus Congres Association Francaise Avancé Sciences, Paris.

GARCÍA J.E., BERENGUER T., 1992. Comportamiento varietal de la especie albaricoquero en la región de Murcia. Jornadas Técnicas sobre Producción y Comercialización de Albaricoque. Murcia, pp. 41-53.

HERNANDEZ A., 1992. Posibilidades del albaricoque fuera de la CEE. Jornadas Técnicas Sobre Producción y Comercialización de Albaricoque. Murcia, pp. 67-78.

HERRERO J., TABUENCA M.C., 1965. Epocas de floración de variedades de hueso y pepita Annales Aula Dei, 8, 154-167.

HERRERO J., IBARZ P., 1971. Variedades de albaricoquero en España. Annales Aula Dei, 143-164.

LITTLE T.M., HILLS F.J., 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la Agricultura. Trillas. Méjico, 270 p.

LÓPEZ J., PERTUSA J., 1985. Variedades de albaricoques en la región de Murcia. Servicio de Extensión Agraria. Consejería de Agricultura Ganadería y Pesca de Murcia.

MARTÍNEZ A., 1986. El albaricoquero y su cultivo. Fruticultura, 1, 68-72.

PAUNOVIC S.A., 1980. Cultivar, rootstocks and environments as potenciatial factors for sucessful apricot growing. Acta Horticulturae, 85, 37-52.

RODRIGO J., 1996. Calidad de flor y cuajado de fruto en albaricoquero (Prunus armeniaca L.) cv Moniquí. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 161p.

TABUENCA M.C., HERRERO J., 1966. Influencia de la temperatura en la época de floración de frutales. Annales Aula Dei, 8, 115-153.

SOUTY M., AUDERGON J.M., CHAMBROY, Y., 1990. Abricot, les critères de qualité. L'Arboriculture Fruitiere, 430, 16-24.

WILKINSON L., 1986 SYSTAT: The System for Statistic. Evanston, Il: SYSTAT, Inc.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 1999)

ITEA (1999), Vol. **95V N.° 3,** 267-288

EFECTO DEL RIEGO REFRESCANTE POR ASPERSIÓN EN LA MEJORA DEL COLOR Y DE LA CALIDAD EN MANZANAS CV. 'TOPRED DELICIOUS'

I. Iglesias*
J. Graell**
G. Echevarría**
M. Vendrell***

* Estació Experimental de Lleida-IRTA
Avda. Rovira Roure, 177, 25198-Lleida

** Área de Postcollita, Centre UdL-IRTA
Rovira Roure, 177, 25198-Lleida

*** CSIC-Centro de Investigación y Desarrollo
Jordi Girona, 18-26, 08034-Barcelona

España

RESUMEN

La influencia del riego refrescante por aspersión en la coloración de la variedad 'Topred Delicious' (*Malus domestica* Borkh.) se ha evaluado en la zona frutícola de Lérida (NE España) durante dos años. El riego refrescante por aspersión se aplicó diariamente durante dos horas los 25 a 30 días que precedieron a la recolección comercial, evaluándose tres momentos de aplicación: al amanecer, al mediodía y al anochecer, con un control sin la aplicación de riego refrescante. Las determinaciones del color se realizaron con un colorímetro triestímulo utilizando el sistema CIE [1976] L*a*b*, que permite una determinación objetiva de dos de los atributos visuales del color: L* (luminosidad) y Tono. La mejora del color en los frutos refrescados, especialmente cuando el riego se aplicó al anochecer y al amanecer, se tradujo en valores de cromaticidad en el espacio CIE [1976] L*a*b* que indicaban una mayor coloración, menores valores de L* y mayores valores de a*/b* y del Tono y en contenidos de antocianos más elevados. Las temperaturas mínimas debidas ya sea por el riego refrescante o por el factor año tuvieron un efecto directo en el color de los frutos, siendo tanto el factor año como su interacción con las fechas de muestreo significativos; la interacción tratamiento x fecha fue también significativa. En 1993, las temperaturas más bajas en el período que precedió a la recolección, favorecieron una mejor coloración de los frutos en todos los tratamientos con respecto a 1994. En el momento de la recolección y para los dos años, la regresión lineal entre el contenido de antocianos y los valores de cromaticidad, proporcionó valores de R^2 = 0,80, 0,79 y 0,78, para L*, a*/b* y Tono, respectivamente. Dicha relación ha permitido el uso del colorímetro para estimaciones rápidas, objetivas y no destructivas del contenido de antocianos del fruto. El peso, en 1994, la firmeza de los frutos y el contenido de sólidos solubles fueron significativamente mayores en los frutos refrescados que en los de control, sin un efecto consistente del riego refrescante en la acidez.

Palabras clave: Manzana, Fruto, Enfriamiento, Riego por aspersión, Color, Antocianos, Calidad.

SUMMARY

ORCHARD COOLING WITH OVERTREE SPRINKLER IRRIGATION TO IMPROVE FRUIT COLOUR AND QUALITY OF 'TOPRED DELICIOUS' APPLES

The influence of evaporative cooling irrigation by sprinkler irrigation on fruit colour of 'Topred Delicious' apples (*Malus domestica* Borkh.) was evaluated in the area of Lérida (NE Spain) over a two-year period. Cooling irrigation was applied daily for two hours for 25 to 30 days preceding harvest date. Three cooling treatments were evaluated: sprinkler irrigation applied at sunrise, at midday and at sundown, with a control without sprinkler irrigation. Colour measurements were made with a tristimulus colorimeter using the CIE [1976] L*a*b* system, providing an objective determination of two main visual attributes of colour: Lightness and Hue. Fruit colour was affected by the cooling irrigation and also by the weather conditions of the particular year. Improvement of colour in cooled fruits, especially when the sprinkler irrigation was applied at sunrise and at sundown, was followed by better chromaticity values of CIELab tristimulus space and higher anthocyanin content. Variations in fruit color from year to year can be attributed to seasonal environmental differences; the minimum temperatures, due to the current season or to the cooling irrigation, had a direct effect on fruit color, and consequently the season factor and also its interaction with the sampling dates were significant. The interaction treatment x sampling dates was also significant. In 1993 lower temperatures prior to commercial harvest provided better fruit color in all treatments in comparison to 1994 in which average temperatures were warm. At commercial harvest, a linear regression for all seasons of anthocyanin content on the ratio of L, a*/b* and Hue provided and R^2 = 0.80, 0.79 and 0.78, respectively. These relationships alow to use the colorimeter for rapid, non destructive estimation of fruit anthocyanin content. The minimum temperatures, due to the current season in 1993 had a direct effect on fruit colour, and consequently the climatic factor has a significant interaction with this parameter. Fruit weight, in 1994, firmness and soluble solids concentrations were significantly higher in cooled fruits than the control, whereas titratable acidity was not influenced consistently by the evaporative cooling.

Key words: Apple, Fruit, Cooling, Sprinkler irrigation, Colour, Anthocyanin, Fruit quality.

Introducción

En variedades rojas de manzana el color de la epidermis determina en gran medida su aceptación por el consumidor y es uno de los principales atributos que determina las diferentes categorías para su comercialización en los países de la Unión Europea, constituyendo la baja coloración una causa importante de reducción de categoría que se asocia generalmente con una menor calidad. En climas poco favorables a la coloración, la fecha de recolección a menudo depende de que se alcance el grado de color característico de la variedad, por lo que ésta suele retrasarse disminuyendo la calidad y la aptitud a la conservación en frigorífico y predisponiendo los frutos a la harinosidad. Este problema es especialmente importante

en la mayoría de áreas de producción mediterránea como la de Lérida, con condiciones climáticas poco favorables para el desarrollo del color y donde las variedades rojas del grupo 'Delicious' constituyen el 18% de la superficie cultivada de manzana, siendo 'Starking Delicious' la variedad más cultivada, aunque en fuerte regresión los últimos años debido a su deficiente coloración, especialmente en años con elevadas temperaturas en el período que precede a la recolección.

El principal pigmento responsable del color rojo es el antociano cianidin-3-galactosido o idaeina. Los antocianos derivan del ácido cinámico por desaminación de la L-fenilalanina, reacción catalizada por la fenilalanina ammonia-lyasa (PAL), cuya actividad está estrechamente relacionada con la síntesis y acumulación de antocianos (FARAGHER y BROHIER, 1984; CHENG y BREEN, 1991; IGLESIAS *et al.*, 1999). Su actividad se ve afectada entre otros por dos factores ambientales: la temperatura (CREASY, 1968; ARAKAWA, 1991) y la luz (ARAKAWA, 1988; CURRY, 1997), que son clave para el desarrollo de la pigmentación roja. Los niveles de antocianos en la piel de las manzanas están inversamente relacionados con la temperatura de la plantación y elevadas temperaturas nocturnas y/o diurnas son inhibitorias para su acumulación, dado que incrementa la inactivación de la PAL (FARAGHER, 1983). Es por ello que las manzanas colorean mejor en climas con días claros y noches frescas en el período que precede a la recolección, 20 a 25 días antes, dado que es cuando tiene lugar el desarrollo del color en la mayoría de variedades (CHALMERS *et al.*, 1973). En general, temperaturas nocturnas por debajo de los 18°C y temperaturas diurnas moderadas (20-25°C) incrementan la formación del color rojo, pero temperaturas diurnas elevadas pueden contrarrestar el efecto positivo de temperaturas nocturnas frescas. Diferencias de temperaturas debidos al factor año, o su disminución por el efecto del riego refrescante, tienen una influencia directa en la coloración de los frutos (UNRATH, 1972a; RECASENS, 1982; MAYLES, 1989).

La producción de antocianos depende principalmente de los carbohidratos formados durante la fotosíntesis y el metabolismo de la glucosa en las hojas y transportados hacia el fruto. Algunos de estos carbohidratos se transforman eventualmente en pigmentos vía complejas reacciones bioquímicas (WILLIAMS, 1989; LANCASTER, 1992). Una disminución de las temperaturas máximas (mediodía) o mínimas (anochecer) de la plantación frutos afecta a la síntesis de antocianos dado que a menores temperaturas nocturnas la tasa de respiración (un proceso que consume carbohidratos) es menor, lo que permite la acumulación de fotosintatos e incrementa la cantidad de pigmentos. La disminución de las temperaturas máximas incrementa la fotosíntesis dado que tanto la transpiración como el estrés de la planta disminuyen. Adicionalmente a la disminución de temperaturas, el incremento de la humedad relativa en la atmósfera más cercana a la planta durante períodos de intensa transpiración mediante cualquier técnica (habitualmente el riego por aspersión o microaspersión) ayuda a prevenir el desarrollo de déficits hídricos elevados (CAROLUS, 1971; RECANSENS *et al.*, 1988). De esta manera, las modificaciones de temperatura ocasionadas por el riego refrescante o las variaciones en las temperaturas debidas al factor año afectan a la síntesis de antocianos y a la coloración de los frutos. Además, temperaturas mínimas bajas son claves y tienen mayor importancia que salto térmico noche-día para el incremento de la actividad de la PAL, principal enzima

precursora de los antocianos (FARANGHER y BROHIER, 1984; BLANKENSHIP y UNRATH, 1988).

En climas cálidos, el riego refrescante por aspersión puede crear un microclima más adecuado para la coloración moderando las condiciones ambientales extremas y reduciendo el estrés provocado por la baja humedad ambiental. Su efecto en la síntesis de antocianos y en la coloración de los frutos ha sido correlacionado con la disminución de temperaturas, tanto máximas como mínimas. Dicha disminución es especialmente importante durante los 20-25 días que preceden a la recolección (RECASENS *et al.*, 1988; ARAKAWA, 1991; WILLIAMS, 1993). Varios autores sugieren que los cambios en el potencial de acumulación de antocianos, es decir la transición de estadios inmaduros a maduros, y en la regulación de su acumulación se da alrededor de las 2 ó 3 semanas previas a la recolección en la mayoría de variedades (CHALMERS *et al.*, 1973) coincidiendo con la degradación de clorofilas; mientras que en las de alta coloración dicha transición tendría lugar mucho antes (CURRY, 1997). Paralelamente REAY *et al.* (1998) encontró que las concentraciones de antocianos eran bajas durante la mayor parte del período de crecimiento y que éstos se incrementaban rápidamente al iniciarse la maduración, especialmente en la cara del fruto más expuesta a la luz.

Una alternativa para disminuir el problema de la falta de color es la introducción de nuevas variedades con un elevado potencial de coloración, incluso en zonas cálidas (IGLESIAS, 1990; GRAELL *et al.*, 1993; CURRY, 1997). Mientras, en plantaciones ya establecidas diferentes técnicas han sido aplicadas para la mejora del color como es la aplicación de reguladores de crecimiento, aunque las restricciones legales impuestas los últimos años para su utilización significa que el riego refrescante sea una de las pocas posibilidades que disponen actualmente los productores para la mejora del color. Ya desde la década de los años 70, experiencias realizadas con variedades 'Delicious' han puesto de manifiesto la mejora del color y el incremento de calibre por la aplicación del riego refrescante (UNRATH, 1972a,b; RECASENS y BARRAGÁN, 1981; WILLIAMS y MAYLES, 1989; EVANS, 1993a; WILLIAMS, 1993; IGLESIAS *et al.*, 1999), especialmente bajo condiciones ambientales de áreas cálidas con elevadas temperaturas estivales (> 35°C) y baja humedad relativa. El enfriamiento en este tipo de riego se debe a que la evaporación del agua necesita una cantidad considerable de calor (584 cal/g), la cual procede directamente de la radiación solar o de cualquier parte que esté en contacto con el agua en evaporación (hojas, frutos, etc.), dependiendo de las condiciones climáticas (humedad, viento), de la pluviometría aplicada y del tamaño de gota (menor tamaño más evaporación antes de llegar a la planta). Un film de agua debe estar presente en la totalidad de la superficie del fruto para una evaporación y una disminución de temperatura efectivos.

El presente trabajo resume los resultados obtenidos durante dos años (1993 y 1994) con la variedad 'Topred Delicious' acerca del desarrollo del color bajo la influencia del riego refrescante en la zona frutícola de Lleida. Los objetivos del presente estudio son conocer el efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego refrescante por aspersión en la coloración de los frutos y en la calidad, así como relacionar el contenido de antocianos con los valores de cromaticidad medidos instrumentalmente.

Material y métodos

Material vegetal y diseño experimental

El presente estudio se realizó durante los años 1993 y 1994 con la variedad de manzana 'Topred Delicious' (*Malus domestica Borkh.*) injertada sobre el patrón M-9 en una plantación comercial de Torrefarrera (Lleida, NE de España), plantada en 1987. El suelo se clasificó como Xerochrept Fluventic, limoso, fino, mixed, mésico (SS, 1992). El sistema de formación utilizado fue el eje central con un marco de plantación de 4 x 1,5 m y orientación de las líneas en la dirección Norte-Sur. Suelo franco-arcilloso con una profundidad enraizable de 0,80 m. El sistema de riego fue a manta con un intervalo de 16 a 20 días. Las precipitaciones estivales fueron escasas y la pluviometría media anual de los dos años fue de 302 mm. Las temperaturas fueron las típicas de climas calurosos, con máximas en el mes de julio próximas o superiores a los 40°C y mínimas estivales también elevadas, generalmente superiores a los 20°C. En el período previo a la recolección las temperaturas tanto máximas como mínimas fueron superiores en 1994 con respecto a 1993 (figura 1).

Dos tratamientos de riego refrescante por aspersión fueron evaluados en 1993, riego aplicado al mediodía y riego aplicado al anochecer. En 1994 se evaluó adicionalmente la aplicación del riego al amanecer. De referencia se dispuso de un testigo sin la aplicación de riego refrescante. La parcela se dividió en 3 subparcelas que correspondieron a las repeticiones o bloques, con una longitud de 70 m cada uno, de los cuales

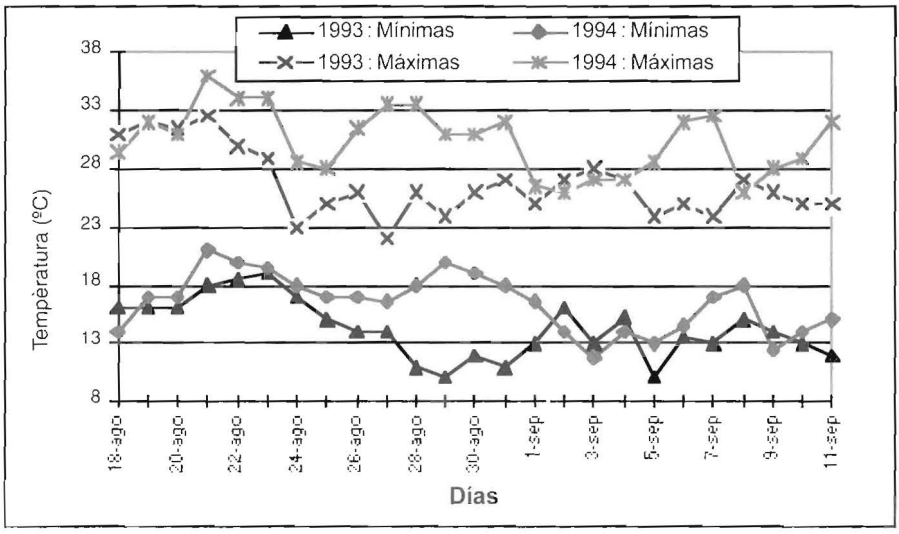


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas diarias en el período 18 de agosto-11 de septiembre de los años 1993 y 1994

Figure 1. Maximum and minimum daily temperatures in the period 18 August- 11 September for two growing seasons: 1993 and 1994

los 30 m centrales fueron sometidos a los diferentes tratamientos de riego y los 20 restantes de cada extremo del bloque se utilizaron de borde (tamaño suficiente para asegurar un microclima efectivo en el centro de cada bloque donde se determinaron los diferentes parámetros). Dentro de cada bloque la distancia entre los árboles correspondientes a los diferentes tratamientos fue 20 m (5 filas). Cada tratamiento fue asignado aleatoriamente dentro de cada bloque, de cada uno de los cuales se asignó una tercera parte de la superficie a cada tratamiento en 1993, mientras que en 1994 se asignó una cuarta parte a cada uno, por haber un tratamiento más. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones por cada tratamiento, eligiendo 5 árboles/tratamiento, constituyendo el árbol la unidad experimental. Los 5 árboles de cada bloque y tratamiento fueron elegidos por uniformidad, tamaño y producción; estaban situados dentro de una misma línea de plantación y localizados en la parte central de los 30 m regados de cada bloque.

Las muestras de frutos fueron recogidas durante el mes previo a la recolección comercial y en la fecha de la recolección. En tres fechas en 1993 y en 4 fechas en 1994, en el período comprendido entre principios de agosto y la recolección (8-11 de septiembre). Las muestras para la evaluación del color en las fechas previas a la recolección consistieron en 8 frutos aleatoriamente elegidos localizados entre 1,5 y 2 m de altura de cada uno de los 5 árboles de cada una de las tres repeticiones por tratamiento (40 frutos/tratamiento y repetición, 120 frutos/tratamiento). En la recolección comercial las muestras estaban constituidas por 14 frutos/árbol (70 frutos/tratamiento /repetición, 210 frutos/tratamiento); complementariamente, se tomaron submuestras de 20 frutos de cada bloque (60 frutos/tratamiento) para determinar el calibre y los parámetros de calidad. La recolección comercial se realizó 140 días después de la plena floración.

Riego refrescante por aspersión

Como complemento al riego a manta (intervalo de riego de 16 a 20 días), se disponía de riego por aspersión para la protección antihelada que fue el que se utilizó en el presente estudio para el riego refrescante, el cual se inició de 25 a 30 días antes de la fecha prevista para la recolección comercial aplicándose por un período ininterrumpido de 2 horas diarias: mediodía (15-17 h) y al anochecer (21-23 h). Además en 1994 se realizó un tercer tratamiento: al amanecer (6-8 horas). Se dispuso de árboles de control sin la aplicación de riego refrescante. Los aspersores estaban dispuestos a un marco de 18 x 16 m, con un caudal de 1.110 l/h lo que proporcionaba una precipitación de 3,5 mm.h-1, es decir 7 mm diarios. Dado el tamaño de gota las pérdidas por evaporación son elevadas, especialmente cuando el riego refrescante se aplica al mediodía (hasta el 50%). Las modificaciones de temperatura y humedad originadas por el riego refrescante se determinaron mediante la colocación de termohigrógrafos Jules Richard Instruments 6500 en cada uno de los bloques correspondientes a los diferentes tratamientos. La temperatura interna de los frutos se determinó con un termómetro digital Crison con sonda de contacto.

Medida del color de los frutos

El color de las manzanas se determinó con un colorímetro portatil triestímulo

Minolta Chroma Meter CR-200 (Minolta Co, Osaka, Japón), expresándose los valores de cromaticidad en las coordenadas L*, a* y b* propuestas por la Commission Internationale d'Eclairage (HUNTER, 1975). El colorímetro se calibró en condiciones del iluminante C (6774K) con un blanco standard antes de su uso. En el sistema de color CIEL*a*b* los valores de L*, a* y b* describen un espacio de color tridimensional, donde los valores de L* corresponden al brillo o luminosidad (0 para el color negro; 100, blanco), los de a* escala verde-roja (valores negativos verde y positivos rojo) y los de b* a la azul-amarilla (negativos azul; positivos, amarillo). A partir de dichos valores se deriva matemáticamente el Tono a partir de la fórmula arctan (b*/a* x 57,3) y la relación a*/b*.

Inmediatamente después de la recogida de muestras, los frutos se limpiaron con una gamuza húmeda con el objeto de eliminar cualquier resto de polvo o productos fitosanitarios. Para cada fecha de muestreo, el color se determinó situando la ventana de medición del colorímetro, de 8 mm de diámetro, en el punto medio entre el cáliz y la zona peduncular de ambas caras de cada fruto separadas 180°: la cara roja expuesta a la luz del sol (CE), y la cara sombreada (CS). En cada cara y próximas unas de otras se realizaron 3 mediciones, proporcionando el colorímetro su valor medio.

Contenido de antocianos

La determinación cuantitativa del contenido de antocianos se realizó en la mismas dos partes del fruto donde se había medido el color e inmediatamente después de haberse determinado el mismo. Los antocianos se extrajeron a partir de la piel de las manzanas introduciendo en maceración dos discos de cada cara del fruto de 11 mm de diámetro en 10 ml de solución metanol-(HCl)-agua 50:1:49 (v/v). La extracción se llevó a cabo durante 24 horas a 4°C y en la obscuridad. La absorbancia del extracto se midió con un espectofotómetro UV-VIS Cecil 1000 series (Cecil Instruments, Cambridge, Inglaterra) a 532 nm y la concentración de antocianos se calculó utilizando el coeficiente de extinción molar 3,43x104, expresándose los resultados en $nmol.cm^{-2}$.

Parámetros de calidad

La firmeza se determinó con un penetrómetro portatil (Effegi, Alfonsina, Italia) con pistón de 11 mm, realizando dos determinaciones en las dos caras peladas y opuestas de cada uno de los 20 frutos de cada tratamiento y repetición, el resultado se expresó en kg. La concentración de sólidos solubles se realizó sobre una muestra procedente de los 20 frutos anteriormente mencionados, utilizando un refractómetro digital calibrado Atago-Palette 100 (Atago Co., Tokio, Japón); expresando el resultado en °Brix (%). La acidez titulable se obtuvo a partir de la misma muestra mediante valoración con NaOH 0,1 hasta pH 8,2 y se expresó en gramos de ácido málico. l^{-1}.

Análisis de los datos

Con los valores de cromaticidad, contenido de antocianos y calidad de los frutos se realizó el análisis de la varianza con el software del programa SAS; la significación estadística se estableció para $p \leq 0.05$. Cuando el análisis de varianza fue estadísticamente significativo (F-test), se aplicó el test de Duncan para la separación de medias de los diferentes tratamientos de las variables estudiadas, para las diferentes fechas de recolección y años. Las diferen-

cias entre tratamientos se evaluaron mediante un modelo factorial de análisis de la varianza (con años, tratamientos, árboles, frutos, caras del fruto y repeticiones) utilizando el procedimiento General Linear Model (GLM) del Statistical Analysis System (SAS, 1990), con un diseño en bloques al azar para determinar la significación estadística de los factores y de sus interacciones. Los valores originales de color (cromaticidad, contenido de antocianos) y los parámetros de calidad fueron directamente utilizados dado que presentaban un distribución normal. Se realizó el análisis de regresión entre los valores de cromaticidad (L*, a*, b*, a*/b* y Tono), y el contenido de antocianos utilizando diferentes modelos de regresiones lineales simples y múltiples. Así mismo, se calcularon los coeficientes de determinación (R^2) y la significación de dichos modelos.

Resultados y discusión

Efecto del riego refrescante en la temperatura y humedad relativa ambientales

La evolución de la temperatura y la humedad relativa de la plantación durante dos de los días en los cuales se aplicaron las tres estrategias de riego refrescante de forma ininterrumpida durante dos horas se muestra en la figura 2. Tanto en el control como en el riego al anochecer y al amanecer, las temperaturas máximas se alcanzaron alrededor de las 4 de la tarde y las mínimas entre las 7 y las 8 de la madrugada. En comparación con el control, puede observarse que tanto la temperatura como la humedad atmosférica se modificaron significativamente por el riego refrescante. Sin embargo, dichas modificaciones dependieron de la hora en que se inició el riego (mediodía, anochecer, amanecer), de la duración del riego y de la temperatura y humedad ambientales.

Cuando el riego refrescante se aplicó a mediodía (15-17h) la temperatura máxima fue entre 4 y 8°C inferior al control o testigo y al finalizar el riego se incrementó rápidamente aunque sin alcanzar la del control. La humedad relativa aumentó entre el 30 y el 50% con respecto al control, alcanzando valores próximos al 80%. La baja humedad existente cuando el riego se inicia (30-40%) es beneficioso para el enfriamiento del fruto, dado que la evaporación de agua a la atmósfera no se ve limitada por la humedad, por lo que es mayor el enfriamiento de los diferentes partes de la planta en contacto con el agua (frutos, hojas, etc.) (LOWELL, 1981). Cuando el riego refrescante se aplicó al anochecer (21-23h), la temperatura mínima diaria fue entre 3 y 5°C inferior al control (figura 1); sin embargo, el potencial para disminuir la temperatura es menor, dado que la humedad ambiental en el período en que el riego es aplicado es más elevada que al mediodía, alcanzándose rápidamente la saturación (cerca del 95%) y quedando por tanto más limitada la capacidad evaporativa y el enfriamiento, a pesar de ello el fruto se encuentra durante un mayor período de tiempo a temperaturas más bajas, con respecto al riego aplicado al amanecer y al mediodía. La aplicación del riego al amanecer (6h-8h), permite realzar el efecto beneficioso que tiene en el color, la disminución de temperaturas que se produce de forma natural hasta la salida del sol o punto de rocío; disminuyendo la temperatura mínima entre 2 y 4°C, con respecto al testigo, y entre 1 y 3°C, con respecto al riego al anochecer. La disminución de tem-

peratura, no es tan importante como en el riego al mediodía o el riego al anochecer, dado que existe como factor limitante la elevada humedad ambiental existente mientras dura el riego y que se aproxima a la saturación (94-98%).

Efecto del riego refrescante por aspersión en la temperatura interna de los frutos

Se determinaron en las mismas cuatro fechas de 1993 y 1994, las temperaturas de los frutos correspondientes a los diferentes tratamientos de riego en comparación con el testigo y para frutos situados a la sombra (cuadro 1), de posiciones similares del árbol y calibre similar. La temperatura de los frutos del testigo situados al sol a las 17 horas, era superior, en unos 9°C, a la de los frutos situados en la sombra, alcanzándose en el testigo valores de hasta 48°C. La temperatura del agua de riego era elevada (> 28°C a principios de agosto), y ello probablemente influyó a que el enfriamiento fuera menor; sin embargo, el enfriamiento depende en gran medida de la evaporación del agua depositada en los frutos, o evaporada del ambiente antes de llegar e ellos (Williams y Mayles, 1989; Evans, 1993b) más que de su temperatura en el momento de aplicarse.

Con el riego al anochecer, tanto la temperatura del fruto como la del ambiente, se disminuyó de media alrededor de 3°C con respecto al testigo. El riego al mediodía fue el que originó las mayores disminuciones (hasta 7°C el día 12 de agosto) aproximándose de media a los 5°C, debido a que provocó una evaporación máxima, y por tanto un mayor enfriamiento, en comparación con los otros tratamientos (anochecer y amanecer), en los que la temperatura al iniciarse el riego era también inferior y además se alcanzó más rápidamente la humedad relativa máxima, lo que limitó el enfriamiento. El riego al amanecer provocó

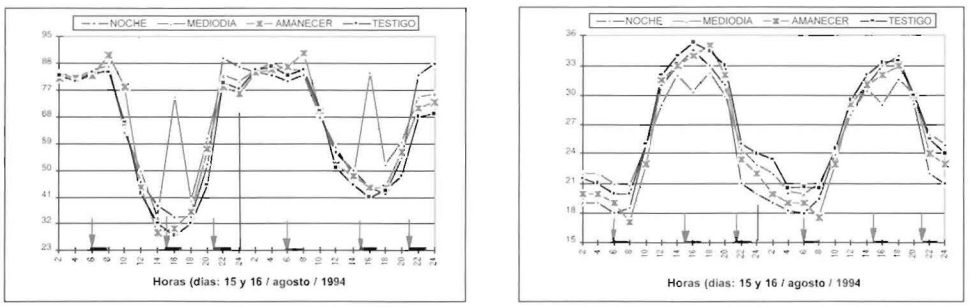


Figura 2. Efecto de tres tratamientos de riego refrescante por aspersión (mediodía, anochecer y amanecer) aplicados de forma continua durante dos horas (—), en la temperatura y en la humedad relativa ambiental horarias. La figura corresponde a los días 15 y 16 de agosto de 1994. Las flechas (↓)indican el momento de inicio del riego

Figure 2. Effect of two evaporative cooling treatments (midday and sunset) applied continuously for 2 hours (—) on the orchard air temperature and relative humidity on 8 and 9 August 1992. The times at which irrigation treatment was activated are indicated by arrows (↓)

CUADRO I

VALORES MEDIOS PARA CUATRO FECHAS DE 1993 Y 1994, DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y DE LA TEMPERATURA INTERNA DE LOS FRUTOS, BAJO DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO REFRESCANTE POR ASPERSIÓN EN LA VARIEDAD 'TOPRED DELICIOUS'. LA TEMPERATURA CORRESPONDE, EN CADA FECHA, AL MOMENTO EN QUE FINALIZÓ LA APLICACIÓN DE CADA UNA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE RIEGO, COMPARÁNDOSE EN CADA MOMENTO CON EL TESTIGO

TABLE I

AVERAGE ORCHARD TEMPERATURE AND INTERNAL FRUIT TEMPERATURE CORRESPONDING TO FOUR DATES OF 1993 AND 1994 ON 'TOPRED DELICIOUS' APPLES UNDER SEVERAL COOLING IRRIGATION TREATMENTS, MEASURED JUST AT THE MOMENT THAT COOLING IRRIGATION STOPED AND COMPARED TO EACH TIME WITH THE CONTROL WITHOUT COOLING IRRIGATION

Fechas	Tª fruto (23 h)		Tª ambiente (23 h)		Tª fruto (17 h)		Tª ambiente (17 h)		Tª fruto (8h)		Tª ambiente (8h)	
	Noche	Testi.	Noche	Testi.	Medi.	Tes.	Medi.	Tes.	Aman.	Testi.	Aman.	Testi.
12 agosto	22,7 *	26,1	21,3	25,6	29,7	36,5	33,1	35,8	16,8	18,9	18,1	20,9
18 agosto	17,5	20,2	18,0	19,4	26,9	31,9	31,6	34,4	14,3	15,8	14,9	16,9
1 septiem.	19,0	22,6	20,5	21,7	29,4	31,8	27,6	30,8	17,0	18,6	17,0	18,8
8 septiem.	13,0	15,2	13,4	15,6	25,7	28,6	25,6	27,8	18,1	20,1	19,2	20,9
MEDIA	18,0	21,1	18,3	20,6	27,9	32,2	29,4	32,2	16,5	18,3	17,3	19,4

(*): Cada valor corresponde a la media de 6 determinaciones.
(Tes.): Testigo.
(Medi.): Riego al mediodía.
(Aman.): Riego al amanecer.

disminuciones de temperaturas, tanto en el fruto como en el ambiente, alrededor de los 2°C (cuadro I).

A pesar de que en los riegos al anochecer y al amanecer, la disminución de la temperatura del fruto es menor, éste permanece durante más tiempo a temperaturas más bajas, en comparación con el riego al mediodía. En este caso, una vez finalizado el riego, la temperatura vuelve a incrementarse rápidamente, debido a que las temperaturas a las 17 h son todavía elevadas. Por tanto, es probable que la disminución de la temperatura pueda actuar de forma diferente en la síntesis de antocianos, según el tipo de riego, dado que en los riegos al anochecer y al amanecer, se disminuye la temperatura mínima y se aumenta el tiempo en que los frutos se encuentran a más baja temperatura; mientras que en el riego al mediodía, únicamente se disminuye la temperatura máxima en un período de tiempo más corto. Resultados similares se han obtenido por otros autores en experiencias de riego refrescante por aspersión aplicado de forma cíclica o continua en el momento de máximas temperaturas (WILLIAMS y MAYLES, 1989; WILLIAMS, 1993; KOTZÉ *et al.*, 1996), o al amanecer y al anochecer (EVANS, 1993a).

Efecto del riego refrescante en la evolución de los valores de cromaticidad del fruto

Los valores correspondientes a la primera fecha, antes de que se iniciaran los riegos, no presentan diferencias entre tratamientos (cuadro 2) en ninguno de los dos años estudiados. Durante el proceso de maduración y debido al incremento del color de los frutos, los valores de L* y del Tono disminuyen y la relación a*/b* aumenta. En la fecha previa a la recolección comercial (1993) se dieron diferencias significativas para todos los parámetros si se considera la cara expuesta (CE) o bien la media de las dos caras (M). En todos los casos los valores de los parámetros colorimétricos indican una mayor coloración de los frutos en los que el riego refrescante se aplicó al anochecer. Para el parámetro L*, considerando la media de caras, no existen diferencias significativas entre riegos.

En la fecha de recolección comercial se obtuvieron resultados similares a los expuestos para la fecha previa e indican que el color de los frutos se vio mejorado significativamente (menores valores Tono y mayores valores de a*/b*) con las dos estrategias de riego refrescante, aunque de forma significativa por el aplicado al anochecer. En base al parámetro L* no se dieron diferencias entre tratamientos.

En la segunda fecha de muestreo (19-agosto) de 1994 solamente se dieron diferencias para L* en la cara expuesta; mientras que en la fecha previa a la recolección (2-septiembre) se dieron diferencias significativas entre el control y los riegos aplicados al amanecer y al anochecer para todos los parámetros en la cara expuesta, pero no en la cara sombreada. En la fecha de recolección comercial se dieron diferencias significativas entre tratamientos, correspondiendo los menores valores de L* y de tono y los mayores de a*/b* a los riegos aplicados al amanecer y al anochecer, sin diferencias entre ambos, pero si con el control, que indicaban un mayor color de los frutos (cuadro 2).

Si se comparan los valores correspondientes a las caras, se observa que en 1993 los de la expuesta fueron aproximadamente el doble que los de la sombreada, mientras que en 1994 las diferencias fueron de más de 15 veces, por lo que la mejora del color se debió fundamentalmente al incremento de éste en la cara expuesta. Las diferencias entre años fueron también importantes, correspondiendo siempre la mayor coloración a 1993 (mayores valores de a*/b* y menores de L* y tono) que fue el año en que se dieron las condiciones climáticas más favorables (temperaturas mínimas hasta 10°C inferiores en el período que precedió a la recolección, figura 1) para la coloración de los frutos. Las máximas diferencias entre tratamientos para todos los parámetros se dieron en 1994, aunque en 1993 los valores de los diferentes parámetros, excepto L*, evidencian que el riego refrescante mejoró el color de los frutos, tanto si se consideran las dos caras como la media de ambas. Los valores de cromaticidad indican así mismo que ambos tratamientos de riego refrescante inducen un desarrollo del color más precoz en comparación con el testigo, puesto de manifiesto por la significación ($p \leq 0,01$) de la interacción fecha de muestreo x riego.

Efecto del riego refrescante en el contenido de antocianos

En el período muestreado el contenido de antocianos se incrementó progresiva-

CUADRO 2

INFLUENCIA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO REFRESCANTE POR ASPERSIÓN EN LOS PARÁMETROS COLORIMÉTRICOS[Z] CORRESPONDIENTES A LA MEDIA DE LAS DOS CARAS DEL FRUTO (M), CARA EXPUESTA (CE) Y CARA SOMBREADA (CS), EN DIFERENTES FECHAS PREVIAS A RECOLECCIÓN (Y) Y EN LA FECHA DE RECOLECCIÓN COMERCIAL (F) DE LA VARIEDAD 'TOPRED DELICIOUS', AÑOS 1993 Y 1994

TABLE 2

AVERAGE COLOR MEASUREMENT VALUES [Ψ]DURING THE PERIOD PRECEDING THE COMMERCIAL HARVEST (Y) AND AT COMMERCIAL HARVEST (F), CORRESPONDING TO THE MEAN OF BOTH FRUIT SIDES (M), BLUSH SIDE (BL) AND BACK SIDE (BA) ON 'TOPRED DELICIOUS' APPLES UNDER SEVERAL COOLING IRRIGATION TREATMENTS IN 1993 AND 1994

1993 Parametro/				12 Agosto [Ψ]			25 Agosto [Ψ]			11 Septiembre [Φ]		
Tratamie.	M	CE	CS	M	CE	CS	M	CE	CS	M	CE	CS
*L**												
Noche	–	–	–	60,7 + a	56,1++ a	65,3++a	56,1+ b	52,2++ b	59,9++ a	*45,2 •a*	*42,9 •• a*	*47,6 ••*
a												
Mediodía	–	–	–	60,5 a	55,8 a	65,2 a	57,7 ab	54,7 a	60,8 a	*46,2 a*	*43,6 a*	*48,8 a*
Control	–	–	–	61,9 a	55,2 a	64,5 a	58,2 a	53,7 a	62,7 a	*47,1 a*	*44,9 a*	*49,3 a*
a/b**												
Noche	–	–	–	0,05 a	0,36 a	-0,25 a	0,38 a	0,69 a	0,07 a	*1,5 a*	*1,9 a*	*1,1 a*
Mediodía	–	–	–	0,08 a	0,41 a	-0,24 a	0,23 b	0,49 b	-0,02 a	*1,4 b*	*1,6 b*	*0,90 ab*
Control	–	–	–	0,14 a	0,50 a	-0,21 a	0,25 b	0,52 b	-0,03 a	*1,2 b*	*1,5 b*	*0,80 b*
Tono (°)												
Noche	–	–	–	87,5 a	71,3 a	103,8 a	72,8 b	60,0 b	85,7 b	*38,2 b*	*31,8 b*	*44,5 b*
Mediodía	–	–	–	85,7 a	68,8 a	102,7 a	78,7 a	66,5 a	91,0 a	*40,1 ab*	*32,6 b*	*47,7 ab*
Control	–	–	–	83,9 a	66,0 a	101,8 a	77,5 a	63,1 a	91,9 a	*45,6 a*	*34,9 a*	*56,3 a*

1994	6 Agosto[Ψ]			19 Agosto[Ψ]			2 Septiembre[Ψ]			8 Septiembre[Φ]		
*L**												
Noche	64,4 a	58,6 a	70,3 a	61,8 a	55,0 b	68,6 a	57,1 a	48,1 a	66,0 a	*54,4 ab*	*44,2 b*	*64,4 b*
Mediodía	64,8 a	59,5 a	70,2 a	62,2 a	54,2 a	70,2 a	58,4 a	49,2 a	67,6 a	*55,7 ab*	*45,3 ab*	*66,2 a*
Amanecer	64,2 a	57,7 a	70,8 a	62,0 a	54,1 a	69,8 a	55,7 b	46,3 b	65,1 a	*51,8 b*	*38,4 b*	*65,3 a*
Control	64,1 a	58,1 a	70,0 a	61,6 a	54,0 a	69,3 a	59,2 a	50,4 a	68,0 a	*57,4 a*	*45,9 a*	*69,0 a*
a/b**												
Noche	-0,06 a	0,31 a	-0,43 a	0,17 a	0,70 a	-0,35 a	0,57 a	1,30 a	-0,5 a	*0,93 a*	*1,9 a*	*-0,03 a*
Mediodía	-0,13 a	0,19 a	-0,45 a	0,13 a	0,63 a	-0,36 a	0,47 ab	1,10 ab	-0,17 a	*0,75 b*	*1,7 ab*	*-0,06 a*
Amanecer	-0,03 a	0,35 a	-0,42 a	0,12 a	0,56 a	-0,30 a	0,62 a	1,33 a	-0,10 a	*0,90 a*	*1,8 a*	*0,01 a*
Control	-0,09 a	0,25 a	-0,44 a	0,08 a	0,54 a	-0,38 a	0,35 b	0,90 b	-0,19 a	*0,59 b*	*1,3 b*	*-0,11 a*
Tono (°)												
Noche	95,6 a	77,9 a	113,3 a	87,9 a	66,7 a	109,1 a	70,8 a	43,0 a	98,6 a	*59,7 b*	*29,5 b*	*91,4 ab*
Mediodía	96,0 a	75,0 a	117,0 a	85,8 a	61,3 a	110,4 a	72,8 a	44,5 a	101,1 a	*64,8 ab*	*34,1 ab*	*95,5 ab*

CUADRO 2 (Continuación)

1994	6 Agosto[Ψ]			19 Agosto[Ψ]			2 Septiembre[Ψ]			8 Septiembre[Φ]		
Amanecer	91.9 a	72.4 a	111,5 a	87.1 a	64,8 a	109.3 a	69.4 a	41,0 b	97.8 a	*59,0 b*	*28,0 b*	*90,1 b*
Control	95.7 a	76.4 a	115,0 a	87.2 a	63,7 a	110.6 a	76.8 a	49.9 a	104.0 a	*68,2 a*	*39,0 a*	*97,3 a*

(+) Cada valor corresponde a la media entre las dos caras del fruto (CE y CS) en las fechas previas a la recolección.

(++) Cada valor corresponde a la media de las 120 medidas de color de la cara expuesta o de la cara sombreada, de 120 frutos/tratamiento (8 frutos/árbol x 5 árboles/rep. x 3 repeticiones).

(•) Cada valor corresponde a la media entre las dos caras del fruto (CE y CS) en la fecha de recolección comercial.

(••) Cada valor corresponde a la media de de las 210 medidas de color de la cara expuesta o cara sombreada, de 210 frutos/tratamiento (14 frutos/árbol x 5 árboles/rep. x 3 repeticiones).

(z) Separación de medias en las columnas de un mismo año mediante el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

- Los factores año y cara son significativos ($p \leq 0.05$) en la última fecha para todos los parámetros (valores de M).

- Las interacciónes año x fecha y fecha x riego son significativas ($p \leq 0.05$) para todos los parámetros (valores de M) a excepción del Tono para fecha x riego.

mente en ambas caras del fruto, especialmente las dos semanas que precedieron a la recolección. Al igual que ocurrió con los valores de cromaticidad, anteriormente expuestos, en la primera fecha de muestreo, no se dieron diferencias entre tratamientos. En la recolección, el riego al anochecer proporcionó en los dos años contenidos de antocianos significativamente más elevados que el control, tanto en la cara expuesta como en la sombreada, así como en los valores medios de ambas. El riego al mediodía tuvo un comportamiento similar al control, aunque en algunos casos tampoco presentó diferencias con respecto al anochecer; mientras que en 1994 con el riego al amanecer se obtuvieron valores siempre superiores al control, no diferentes del riego al anochecer y si del riego al mediodía (cuadro 3).

En la fecha previa a la recolección (25/agosto/1993), se obtuvieron resultados análogos a los expuestos para la recolección. En 1994 (2/septiembre) y si se considera la cara expuesta todos los riegos incrementaron los contenidos de antocianos con respecto al control, no existiendo diferencias entre tratamientos si se considera la cara sombreada, mientras que para la media de las caras no hubo diferencias entre riegos. En la segunda fecha de muestreo (19/agosto/94) no se dieron diferencias entre tratamientos, lo que indica que los riegos refrescantes anticiparon la coloración de los frutos (cuadro 3).

Las tres estrategias de riego refrescante incrementaron el contenido de antocianos de los frutos, aunque de forma consistente en los dos años fueron los aplicados al anochecer y al amanecer (en 1994). El contenido de antocianos de las dos caras del fruto se incrementó progresivamente al aproximarse la fecha de recolección comercial, alcanzando su máximo en dicha fecha. Como se ha expuesto anteriormente para los valores de cromaticidad (cuadro 2), se dieron diferencias significativas entre las dos caras del fruto (entre 2 y 4 veces), especialmente en 1994, año de difícil coloración, que se obtuvieron contenidos inferiores a los de 1993.

Los valores obtenidos en la fecha de recolección para la cara sombreada y la

CUADRO 3
INFLUENCIA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO REFRESCANTE POR ASPERSIÓN EN LOS CONTENIDOS DE ANTOCIANOS[z] (EXPRESADOS EN NMOLES.CM-2) CORRESPONDIENTES A LA MEDIA DE LAS DOS CARAS DEL FRUTO (M), CARA EXPUESTA (CE) Y CARA SOMBREADA (CS), EN DIFERENTES FECHAS PREVIAS A RECOLECCIÓN (Y) Y EN LA FECHA DE RECOLECCIÓN COMERCIAL (F) DE LA VARIEDAD 'TOPRED DELICIOUS', AÑOS 1993 Y 1994.

TABLE 3
MEAN VALUES OF ANTHOCYANIN CONTENT (NMOLES.CM-2) DURING THE PERIOD PRECEDING THE COMMERCIAL HARVEST (Y)AND AT COMMERCIAL HARVEST (F), CORRESPONDING TO THE MEAN OF BOTH FRUIT SIDES (M), BLUSH SIDE (BL) AND BACK SIDE (BA) ON 'TOPRED DELICIOUS' APPLES UNDER SEVERAL COOLING IRRIGATION TREATMENTS IN 1993 AND 1994

	–			12/agosto[Ψ]			25/agosto[Ψ]			11/septiembre[Φ]		
1993	Total	CR	CV	Total	CR	CV	Total	CR	CV	Total	CR	CV
Noche	–	–	–	4.6+ a	6.9++ a	2.4 ++ a	7.1+a	9.5++a	4.8++ a	*21.9 •a*	*26 ••a*	*17.7 ••a*
Mediodía	–	–	–	6.3 a	7.9 a	2.9 a	5.5 b	6.9 b	4.0 a	*19.1 b*	*23.6 b*	*14.7 ab*
Testigo	–	–	–	4.7 a	7.4 a	2.0 a	5.6 b	7.7 b	3.5 a	*17.7 b*	*22.3 b*	*13.2 b*
1994	6/agosto[Ψ]			19/agosto[Ψ]			2/septiembre[Ψ]			8/septiembre[Φ]		
Noche	2.4 a	4.4 a	0.6 a	4.0 a	7.2 a	0.8 a	8.1 + a	113.6++a	2.6++ a	*14.4 a*	*23.2 a*	*5.6 a*
Mediodía	2.3 a	3.9 a	0.7 a	4.3 a	8.1 a	0.6 a	5.3 ab	8.9 bc	1.8 a	*11.0 b*	*18.0 b*	*4.0 ab*
Amanecer	2.7 a	4.9 a	0.4 a	3.5 a	6.6 a	0.5 a	7.1 a	11.7 ab	2.3 a	*15.4 a*	*24.8 a*	*6.1 a*
Testigo	2.5 a	4.5 a	0.6 a	3.4 a	6.3 a	0.5 a	3.9 b	6.8 c	1.1 a	*7.4 b*	*12.8 c*	*2.2 b*

(+) Cada valor corresponde a la media entre las dos caras del fruto (CE y CS) en las fechas previas a la recolección.

(++) Cada valor corresponde a la media de las 120 medidas de color de la cara expuesta o de la cara sombreada, de 120 frutos/tratamiento (8 frutos/árbol x 5 árboles/rep. x 3 repeticiones).

(•) Cada valor corresponde a la media entre las dos caras del fruto (CE y CS) en la fecha de recolección comercial.

(••) Cada valor corresponde a la media de de las 210 medidas de color de la cara expuesta o cara sombreada, de 210 frutos/tratamiento (14 frutos/árbol x 5 árboles/rep. x 3 repeticiones).

(z) Separación de medias en las columnas de un mismo año mediante el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

- Los factores año y cara son significativos ($p \leq 0.05$) en la última fecha.
- Las interacciones año x fecha y fecha x riego son significativas ($p \leq 0.05$).

media de caras en 1993 fueron entre dos y tres veces superiores a los de 1994, lo que se tradujo en una mejor coloración, siendo consecuentemente el factor cara altamente significativo ($p \leq 0,01$) en el ANOVA. Similares resultados se han obtenido con el parámetro colorimétrico a*/b*. Por lo tanto, es evidente pensar que se dan importantes diferencias en el potencial para la síntesis de antocianos dependiendo del año (RECASENS *et al.*, 1988), a pesar de que el período de acumulación es cualitativamente similar para los diferentes años (CHALMERS *et al.*, 1973). En 1993 las menores tempera-

turas registradas (figura 1) en el período previo a la recolección redujeron las diferencias entre tratamientos y entre caras con respecto a 1994 en que se dieron condiciones climáticas poco favorables a la coloración de los frutos, habituales en la zona. En 1994, la síntesis de antocianos se vio más favorecida en la cara expuesta a la iluminación, lo que aumentó las diferencias entre caras en comparación con 1993 (cuadro 3), año con condiciones más propicias al desarrollo del color en que se obtuvieron mayores contenidos de antocianos en la cara sombreada, reduciéndose de forma considerable las diferencias entre caras (cuadro 1). SAURE (1990) sugirió que las bajas temperaturas incrementan la síntesis de antocianos en las zonas del fruto más expuestas a la iluminación y también en las partes poco expuestas. A pesar de ello en un gran número de variedades la síntesis de antocianos y la coloración depende de la exposición a la luz y es fotodependiente (FARAGHER y CHALMER, 1977; MANCINELLI, 1985). Sin embargo, CURRY (1997) comprobó que en nuevas variedades de elevada coloración tales como 'Scarlet Spur' la cantidad de antocianos acumulados era tres veces superior a 'Oregon Spur', y que su síntesis continuaba incluso a elevadas temperaturas y en zonas sombreadas. Ello puede explicar por qué inician el desarrollo del color en ambas caras del fruto y precozmente, incluso en la época más calurosa (mes de julio) del período de crecimiento del fruto.

CHALMERS *et al.* (1973) pusieron de manifiesto que el potencial de acumulación de antocianos, es decir la transición de estadios inmaduros a maduros se da alrededor de las 2 ó 3 semanas previas a la recolección en la mayoría de variedades por lo qué la modificación de las temperaturas en estadios precoces del desarrollo del fruto mediante el riego refrescante no tendría un efecto adicional en la mejora del color. Ello se ha puesto también de relieve en el presente trabajo, dado que el ANOVA realizado muestra que la interacción fecha x riego fue significativa ($p \leq 0,01$) para todos los parámetros analizados, excepto el Tono, lo que evidencia que al aproximarse la recolección se dio una coloración diferencial entre tratamientos por el efecto del riego refrescante y que el incremento de color tuvo lugar en los días que precedieron a la recolección (SINGHA *et al.*, 1994). De hecho fue solamente en las últimas fechas de muestreo cuando se dieron diferencias entre tratamientos.

Los resultados obtenidos muestran que el riego refrescante mejoró la coloración de los frutos significativamente y son coincidentes con los expuestos por varios investigadores con variedades 'Red Delicious', aplicando riego refrescante por aspersión ya sea de forma continua o cíclica (a pulsos). Ya en 1972, se observó que los frutos procedentes de árboles a los cuales se aplicó riego refrescante por aspersión cuando la temperatura del aire sobrepasaba los 30,5 °C, tenían un mayor porcentaje de superficie coloreada que los frutos no refrescados (UNRATH, 1972b). EVANS (1993a), en zonas cálidas encontró que el riego refrescante aplicado de forma continua a lo largo de 30 días o más por período vegetativo, en el momento de la puesta de sol o a la salida del sol mejoró el color de manzanas 'Delicious'. WILLIAMS (1993) constató un incremento de la categoría superior en las variedades 'Red Chief' y 'Ryanared' ('Delicious') a las que se aplicó riego refrescante por microaspersión, iniciándose la primera semana de agosto y siempre que la temperatura del aire excedía los 29,4°C, deteniéndose al disminuir 2,7°C. LEY (1995) señaló incrementos de la pigmenta-

ción roja cuando el riego por aspersión se aplicó diariamente una vez se alcanzaba la temperatura crítica señalada y hasta el anochecer de forma continua. De forma similar, RECASENS *et al.* (1988) señalaron una mejora de la pigmentación roja de manzanas 'Starking Delicious' cuando el riego por aspersión se aplicó de forma cíclica con una pluviometría de 3 mm/h, cuando la temperatura del aire excedía los 32°C, observándose diferencias significativas en los contenidos finales de antocianos debidas al factor año. Sin embargo ARCHOMCHUK y MEHERIUK (1996) aplicando riego refrescante por aspersión no obtuvieron un incremento del color con la variedad 'Jonagold', debido a que las temperaturas en British Columbia eran frescas y favorables para la coloración. KOTZÉ *et al.*, (1996) aplicando microirrigación de forma cíclica obtuvieron un descenso de la temperatura del aire de entre 3 y 9°C, dependiendo del año, pero el desarrollo del color de manzanas 'Starking Delicious' se vio desfavorecido debido probablemente a que dicho riego incrementó el crecimiento de los árboles y por tanto las zonas de sombreo.

Considerando un mismo tratamiento la evolución diferencial de los valores de cromaticidad y de los contenidos de antocianos, a lo largo de las diferentes fechas de muestreo de los dos años, puso en evidencia la influencia del factor año en el color y consecuentemente la interacción año x fecha de muestreo y fueron significativas ($p \leq 0,01$). En la fecha de recolección comercial el ANOVA realizado muestra diferencias significativas entre años ($p \leq 0,05$) para todos los parámetros colorimétricos y para los contenidos de antocianos (cuadros 2 y 3), correspondiendo siempre los valores que indican una mayor coloración a 1993. Al igual que sugirió UNRATH (1972a), puede concluirse que uno de los factores más importantes que influyen en el éxito del riego refrescante son las condiciones climáticas del año en cuestión, especialmente las temperaturas. Las temperaturas mínimas bajas en el período que precedió a la recolección del año 1993 (figura 1), redujeron significativamente el efecto del riego refrescante en el color de los frutos (parámetro L*). Por esta razón, variaciones en la respuesta al riego refrescante de un año a otro pueden ser atribuidas a diferencias ambientales estacionales en ambos: la duración de los períodos de estrés de la planta y los momentos en que estos se producen, frecuentes éstos en zonas cálidas de producción de manzana.

Relación entre los contenidos de antocianos y los valores de cromaticidad

En la fecha de recolección se estudiaron modelos de regresiones simples y múltiples con el objeto de relacionar los valores de cromaticidad con los contenidos de antocianos, ignorando diferencias entre tratamientos y años. Las regresiones lineales múltiples para todos los tratamientos y años proporcionaron un coeficiente de determinación (R^2) de 0,74 (incluyendo b* y a*/b* en el modelo). En todos los modelos la relación a*/b* estuvo presente e indicó su estrecha relación con los valores de cromaticidad, lo cual no ocurrió con el parámetro a*. Las regresiones simples se calcularon para relacionar los contenidos de antocianos con L*, a*, a*/b* y Tono. Los mejores valores de R^2 se obtuvieron con L* (0,80), a*/b* (0,79) y Tono (0,78) (figura 3) e intermedios con los parámetros a* (0,70) y b* (0,75). En todos los casos las regresiones fueron significativas ($p \leq 0,05$). La relación a*/b* está directamente relacionada

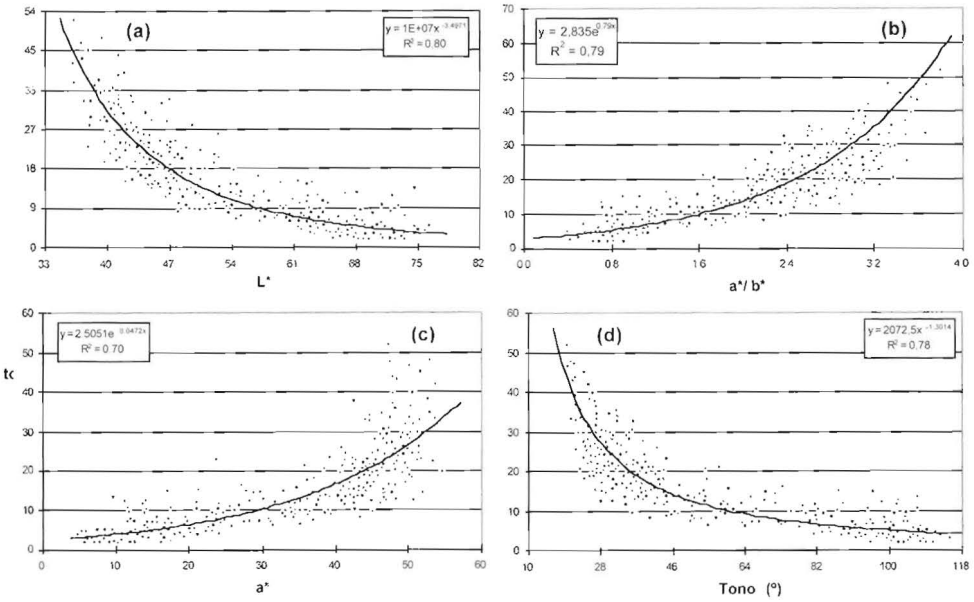


Figura 3. Regresiones simples entre los contenidos de antocianos y los parámetros colorimétricos L* (a) y a*/b* (b), a* (c) y Tono (d) en frutos de 'Topred Delicious' en la recolección y considerando de forma conjunto los años 1993 y 1994. Significación de las regresiones $p \leq 0,05$.

Figure 3. Relationship between anthocyanin content and L (a), a*/b* (b), a* (c), and Hue (d) for the values measured at harvest on fruits of 'Topred Delicious' corresponding to 1993 and 1994. Significance of regressions $p \leq 0,05$*

con los contenidos de antocianos, mientras que el Tono y L* lo están inversamente.

Los resultados obtenidos son similares a los señalados por otros autores relacionando los valores de cromaticidad con los contenidos de antocianos (SINGHA *et al.*, 1991a; GRAELL *et al.*, 1993). 'Topred Delicious' es una variedad de color semiestriado y como señaló KNEE (1980) se obtienen mejores valores de R^2 con variedades de color uniforme como 'Early Red One'. La regresión simple con los valores de L* proporcionó un $R^2 = 0,80$ y como expusieron SINGHA *et al.* (1991b) los cambios de color cuando el fruto es de un color rojo L*< 50 (cuadro 1) están estrechamente relacionados con la variación de los contenidos de antocianos, mientras que con frutos menos rojos los cambios de color se deberían principalmente a otros pigmentos. Tanto los modelos de regresión simples como múltiples muestran que los valores de b* y consecuentemente la relación a*/b*, están mejor relacionados con los antocianos extractables y con la percepción visual del color que los valores de a* (medida del color rojo), el cual, y contrariamente a lo que cabría esperar, lo está en menor medida. Las relaciones obtenidas responden al objetivo propuesto y permiten establecer una buena predicción de los contenidos de

antocianos en base a los valores de cromaticidad, los cuales pueden determinarse de forma objetiva, rápida y no destructiva, expresándose en unidades internacionalmente aceptadas, en contraposición con la extración de antocianos, destructiva, laboriosa y costosa en medios y tiempo.

Parámetros de calidad

Los parámetros de calidad obtenidos muestran que el mayor peso de los frutos se obtuvo en 1994 con los diferentes tratamientos de riego refrescante, no existiendo diferencias en 1993. Las diferentes estrategias de riego refrescante incrementaron la firmeza de los frutos con respecto al testigo (cuadro 4). El contenido de sólidos solubles se vio consistentemente mejorado por el riego refrescante, correspondiendo los mayores valores al riego al mediodía y al amanecer; mientras que la mayor acidez titulable correspondió al riego al mediodía.

Puede por tanto concluirse que los parámetros de calidad se vieron positivamente

CUADRO 4
INFLUENCIA DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO REFRESCANTE POR ASPERSIÓN EN LOS PARÁMETROS Z DE CALIDAD, EN EL PESO Y CALIBRE DE LOS FRUTOS Y EN LA PRODUCCIÓN DE LA VARIEDAD 'TOPRED DELICIOUS'. AÑOS 1993 Y 1994

TABLE 4
EFFECTS OF SEVERAL EVAPORATIVE COOLING TREATMENTS ON FRUIT QUALITY PARAMETERS Z OF 'TOPRED DELICIOUS' APPLES. MEAN VALUES CORRESPONDING TO 1993 AND 1994

Parámetro	Riego	1993	1994
	Noche	7,5 a	7,1 a
Firmeza [1]	Mediodía	7,7 a	7,2 a
(kg)	Amanecer	–	7,1 a
	Testigo	7,0 b	6,6 b
	Noche	11,8 a	10,9 ab
Sólidos solubles [2]	Mediodía	11,9 a	11,7 a
(°Brix)	Amanecer	–	11,6 a
	Testigo	11,4 b	10,6 b
	Noche	3,1 ab	2,7 ab
Acidez [2]	Mediodía	3,3 a	2,8 a
(g/l)	Amanecer	–	2,5 b
	Testigo	2,8 b	2,6 b
	Noche	257,1 a	182,7 a
Peso [3]	Mediodía	253,2 a	176,3 a
(g)	Amanecer	–	188,8 a
	Testigo	247,7 a	169,3 b

(1) Cada valor corresponde a la media de 120 determinaciones (20 frutos / rep. x 2 det./ fruto x 3 rep.).
(2) Cada valor corresponde a la media de 3 determinaciones (1 det./ 20 frutos-rep. x 3 rep.).
(3) Cada valor corresponde a la media de 60 determinaciones (20 frutos / rep. x 3 rep.)
(z) Separación de medias en las columnas mediante el test de Duncan ($p \leq 0,05$).

afectados por el riego refrescante, especialmente en 1994, año en que el color de los frutos se mejoró de forma significativa para todos los parámetros determinados. Cuando el riego se aplicó al anochecer o al amanecer, los parámetros de calidad no difirieron consistentemente del control, dado que las condiciones climáticas (temperatura y humedad) en el período en que el riego se aplicaba diferían menos de las existentes en el control que cuando se aplicaba al mediodía.

Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores en zonas cálidas con variedades 'Red Delicious', en las cuales se aplicó riego refrescante ya fuera de forma cíclica o continua durante las horas de máximas temperaturas. Así UNRATH (1972b) encontró que el peso del fruto y su firmeza se incrementaban con el riego refrescante, pero solo en años cálidos con temperaturas elevadas; los contenidos de sólidos solubles fueron siempre mayores que en los frutos de control y su fecha de maduración no se retrasó. LOWELL (1981) señaló mayores contenidos de sólidos solubles, de firmeza y de acidez con riego refrescante aplicado a pulsos y diariamente cuando se alcanzaban las temperaturas máximas. Los resultados de WILLIAMS (1993) indican que la fecha de maduración de los frutos se retrasó consistentemente, entre 7 y 10 días, como lo indicaban los contenidos de sólidos solubles, la acidez y el almidón, además la firmeza del fruto y su peso fueron superiores en los frutos refrescados, pero al igual que señalan PARCHOMCHUK y MEHERIUK (1996) la acidez fue inferior. EVANS (1993) en la variedad 'Delicious' incrementó el tamaño del fruto utilizando riego refrescante de forma continua justo después de la puesta de sol y al amanecer. Con 'Starking Delicious', aplicando el riego refrescante diariamente y de forma continua al alcanzarse las temperaturas máximas, se incrementó el peso de los frutos, la acidez y el contenido de sólidos solubles, sin efecto en la fecha de maduración (RECASENS, 1982).

El efecto del riego refrescante en la mejora de los parámetros de calidad puede ser debido al enfriamiento del fruto y a la reducción del estrés de la planta. Sin embargo el aporte suplementario de agua por cualquiera de las dos estrategias de riego refrescante evaluadas (7 mm diarios) puede provocar una variación del estado hídrico del suelo y consecuentemente de la disponibilidad de agua por la planta y de su estado hídrico, con respecto al testigo regado solamente por riego a manta, todo ello y a pesar de que con el riego refrescante se producen importantes pérdidas por evaporación, especialmente cuando la aplicación se realiza al mediodía, que son las que provocan el enfriamiento de la planta. Este hecho es más importante cuando se utiliza el sistema de riego a manta, dado que los contenidos hídricos de agua en el suelo están sujetos a mayores variaciones que en riego localizado, dichas variaciones pueden ser amortiguadas por el aporte de agua del riego refrescante. Cabe por tanto esperar que este efecto indirecto del aporte de agua por el riego refrescante pueda ocasionar variaciones en la regulación hídrica de la planta que afecten indirectamente a los parámetros de calidad de los frutos además del efecto directo de dicho riego en el enfriamiento de la misma.

Conclusiones

En zonas cálidas, donde en la época estival tienen lugar diariamente períodos

importantes de estrés, especialmente cuando las temperaturas son elevadas y la humedad relativa baja, el riego refrescante, permite reducir el estrés hídrico de la planta al disminuir la temperatura de los tejidos e incrementar la actividad fotosintética, cuando es aplicado al mediodía o reducir la actividad respiratoria cuando se aplica al anochecer, mejorando el color y la calidad de los frutos.

En base a los resultados obtenidos puede concluirse que para la mejora del color en la variedad 'Topred Delicious' el riego refrescante debería iniciarse unos 25 días antes de la fecha prevista de recolección. En 1993 los mejores resultados se han obtenido con el riego aplicado al anochecer (puesta de sol) y al amanecer (salida del sol), por lo que cualquiera de ambas alternativas sería aconsejable.

Aunque el sistema de accionamiento del riego refrescante puede automatizarse para que se inicie y se pare cuando los frutos alcancen una temperatura concreta (por ejemplo 30°C, es la utilizada habitualmente en Estados Unidos para prevenir golpes de sol y mejorar el color), dicho automatismo supone un encarecimiento de la instalación por lo que habitualmente no se dispone en las plantaciones con sistema de protección antihelada por aspersión. Fue por ello que el accionamiento del sistema en la presente experiencia se realizó siempre a una misma hora y con una duración diaria constante de dos horas, que es el tiempo que se considera necesario para enfriar el fruto en todo su volumen.

Finalmente añadir que la técnica del riego refrescante admite múltiples variantes y puede mejorarse aplicando la misma dosis diaria de agua pero con riego a pulsos –intervalos cortos de riego y paro del riego sucesivamente–, lo que permitiría alargar el período en que la planta se encuentra a temperaturas más bajas e incrementar la superficie con riego refrescante en el caso de fincas de mayor superficie y con caudal de agua limitado.

Bibliografía

ARAKAWA O., 1988. Characteristics of color development in some apple cultivars: changes in anthocianin synthesis during maturation as affected by bagging and light quality. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, 57. 373-375.

ARAKAWA O., 1991. Effect of temperature on anthocyanin accumulation in apple fruit as affected by cultivar, stage of fruit ripening and bagging. *J. Hort. Sci.*, 56 (6), 763-768.

BLANKENSHIP S.M., UNRATH, C.R., 1988. PAL and ethylene content during maturation of 'Red Delicious' and 'Golden Delicious' apples. *Phytochem.*, 27, 1001-1003.

CAROLUS R.L., 1971. Evaporative cooling techniques for regulating plant water stress. *HortSci.*, 6, 23-25.

CHALMERS D.J., FARANGHER J.D., RAFF J.W., 1973. Changes in anthocyanin synthesis as an index of maturity in red apple varieties. *J. Hort. Sci.*, 48, 387-392.

CHENG G.W.; BRELIN P., 1991. Activity of phenylalanina ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing in developing strawberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116(5), 865-869.

CREASY L.L., 1968. The role of low temperature in anthocyanin synthesis in 'McIntosh' apples. Proc. N. Y. State Hortic. Soc. 93:716-724.

CURRY E.A., 1997. Temperatures for optimum anthocyanin accumulation in apple tissue. *J. Hort. Sci.*, 72 (5), 723-729.

EVANS R.G., 1993a. Part one: Designing and operating overtree evaporative cooling systems for apples. Good Fruit Grower, June, 23-27.

EVANS, R.G., 1993b. Part two: Assessing the mechanics of evaporative orchard cooling. *Good Fruit Grower*, July, 29-32.

FARAGHER J.D., CHALMERS D.J., 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. III Involvement of phenylalanin ammonia-lyase. *Aus. J. Plant Physiol.*, 4, 133-141.

FARAGHER J.D., 1983. Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. *J. Exp. Bot.*, 34, 1291-1298.

FARAGHER J.D., BROHIER R.L., 1984. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. *Sci. Hort.*, 22, 89-96.

GRAELL J., I. IGLESIAS MARTI R., 1993. Evaluación objetiva del color superficial en manzanas rojas del grupo 'Red Delicious'. En: "La calidad en frutos y hortalizas". Ed. M. Albi, F. Gutierrez, M. Roca. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, 323-328pp.

HUNTER R.S., 1975. The measurement of appearance. Jhon Willey & Sons, Inc. New York.

IGLESIAS I., 1990. Colección de variedades del grupo 'Red Delicious' del campo experimental de frutales de Seana-Bellpuig (Lleida). *Inf. Téc. Econ. Agrária*, 85, 45-56.

IGLESIAS I., GRAELL J., LARRIGAUDIERE, C., RECASENS I., VENDRELL M., 1999. Efecto del sistema de riego en la coloración de los frutos, contenido de antocianos y actividad de la fenilalanina amonioliasa (PAL), en la variedad de manzana 'Starking Delicious'. Investigación Agrária: producción y protección vegetales 14(1-2) (En prensa).

KOTZÉ W.A.G., CARREIRA J.A., BEUKES O., REDELINGHUYS A.U., 1996. Effect of evaporative cooling on the growth, yield and fruit quality of apples. *Deciduous Fruit Grower*, 3, 20-24.

KNEE J., 1972. Anthocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in the peel of 'Cox's Orange Pippin' apples during ripening on and off the tree. *J. Exp. Bot.*, 23, 184-185.

LANCASTER J.E., 1992. Regulation of skin color in apples. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(6), 487-502.

LEY T., 1995. Cycled system is best for evaporative cooling. *Good Fruit Grower*, March, 27-28.

LOWELL G., 1981. Over tree irrigation for cooling for increased color. Proceedings of fifth annual warehouses seminar and trade show, 55, 4-6.

MANCINELLI A.L., 1985. Light-dependent anthocyanin synthesis: a model system for the study of plant morphogenesis. *Bot. Rev.*, 51, 107-157.

MAYLES K., 1989. Optimizing red color development. Proceedings Washington. State Horticultural Association, Wenatchee, Washington, 85 th,186-187.

PARCHOMCHUK P., MEHERIUK M., 1996. Orchard cooling with pulsed irrigation to prevent solar injury and improve fruit quality of 'Jonagold' apples. *HortSci.*, 31(5), 802-804.

REAY P.F., FLETCHER R.H., THOMAS V.J., 1998. Chlorophylls, carotenoids and anthocyanin concentrations in the skin of 'Gala' apples during maturation and influence of foliar applications of nitrogen and magnesium. *J. Sc. Food Agric.*, Vol. 76 (1), 63-71.

RECASENS D.I., BARRAGÁN J., 1981. Influencia del riego refrescante sobre la producción de antocianos en la manzana 'Starking Delicious', pp. 110-111. En: "Simposios y resumenes de comunicaciones de la cuarta reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal". Ed. Universidad de Salamanca.

RECASENS D.I., 1982. Estudio de diversos parámetros fisiológicos durante el crecimiento del fruto. Aplicación a la variedad 'Starking Delicious'. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Bellatera. (abstract).

RECASENS, D.I., RECASENS J., BARRAGÁN J., 1988. Sprinkler irrigation to obtain a refreshing microclimate. Effect on fruit growth rates and quality of 'Jonee' and 'Golden Smoothee' apples. *Acta Hort.*, 228, 197-204.

SAS Institute Inc., 1990. SAS/STAT, User's Guide, Version 2, Fourth Edition, Volume 1, Cary, NC: SAS Institute Inc.

SAURE M.C., 1990. External control of anthocyanin formation in apple. *Sci. Hortic.*, 42, 181-218.

SINGHA S., TOWNSEND E.C., BAUGHER T.A., 1991a. Relationship between visual rating and chromaticity values in 'Delicious' apple strains. Fruit Var. J., 45(1), 33-36.

SINGHA S., BAUGHER T.A., TOWNSEND E.C., D'SOUZA M.C., 1991b. Anthocyanin distribution in 'Delicious' apples and the relationship between

anthocyanin concentration and chromaticity values. J. Am. Soc. Hort. Sci., 116(3), 497-499.

SINGHA S., BAUGHER T.A., TOWNSEND C., 1994. In situ differences in fruit color development of six 'Delicious' apple strains. Fruit Var. J., 48, 103-108.

UNRATH C.R., 1972a. The evaporative cooling effects of overtree sprinkler irrigation on 'Red Delicious' apples. J. Am. Soc. Hort. Sci., 97, 55-58.

UNRATH C.R., 1972b. The quality of 'Red Delicious' apples as affected by overtree sprinkler irrigation. J. Am. Soc. Hort. Sci., 97(1), 58-61.

WILLIAMS K.M., 1989. Factors affecting color development. Proceedings of fifth annual warehouse seminar and trade show. Washington State Horticultural Association, 51, 2-5.

WILLIAMS, K.M; MAYLES K., 1989. Use of evaporative cooling for enhancing red color in apple. Proceedings Washington. State Horticultural Association, Wenatchee, Washington, 85th,190-92.

WILLIAMS K.M., 1993. Use of evaporative cooling for enhancing apple fruit quality. Good Fruit Grower, August: 23-7.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 1999)



CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 1998-99-00

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	5 Oct. 98/ 11 Jun. 99	Zaragoza	IAMZ
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	1 Oct. 99/ 26 Mayo 00	Córdoba	UCO/CA-JA/CSIC/ INIA/COI/IAMZ
	UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS EN LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA DE SECANO DE LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	18-29 Oct. 99	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	INTRODUCCIÓN DE PLANTAS TRANSGÉNICAS EN LA AGRICULTURA: EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE DECISIÓN	22-26 Nov. 99	Zaragoza	IAMZ
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	7-18 Feb. 00	Barcelona	IAMZ/IRTA
	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORA DE ESPECIES LEÑOSAS FRUTALES Y FORESTALES: ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y GENÉTICOS	6-10 Mar. 00	Zaragoza	IAMZ
	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE SELECCIÓN Y MEJORA DE ESPECIES LEÑOSAS FRUTALES Y FORESTALES: DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13-17 Mar. 00	Zaragoza	IAMZ
	CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN CULTIVOS PROTEGIDOS	5-16 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	REQUISITOS DE CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE RUMIANTES PARA SU COMERCIALIZACIÓN	19-30 Oct. 98	Zaragoza	IAMZ
	PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE SANEAMIENTO GANADERO	8-12 Feb. 99	Zaragoza	IAMZ/FAO
	TÉCNICAS MOLECULARES EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL	15-26 Mar. 99	León	IAMZ/Univ. León
	PASTORALISMO Y DESARROLLO EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS MEDITERRÁNEAS	22 Mar./ 3 Abr. 99	Rabat	IAMM/IAMZ/ IAV Hassam II
	APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA NIRS EN LA EVALUACIÓN DE PRODUCTOS AGRARIOS	12-16 Abr. 99	Zaragoza	IAMZ/UCO
	DIVERSIFICACIÓN DE ESPECIES DE PECES EN LA ACUICULTURA MARINA MEDITERRÁNEA	24-28 Mayo 99	Zaragoza	IAMZ/FAO
	*PRODUCCIÓN ANIMAL	4 Oct. 99/ 9 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ
	*ACUICULTURA	10 Ene./ 30 Jun. 00	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE OVINOS Y CAPRINOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA. TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE MERCADO	10-19 Abr. 00	Surgères	IAMZ/ENILIA

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	RÍOS Y RIBERAS DE RÉGIMEN MEDITERRÁNEO Y SU GESTIÓN	21 Sep./ 2 Oct. 98	Zaragoza	IAMZ
	ARBUSTOS FORRAJEROS: SU PAPEL EN EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DE LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS MEDITERRÁNEAS	28 Sep./ 9 Oct. 98	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	*ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	5 Oct. 98/ 11 Jun. 99	Zaragoza	IAMZ
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	15-26 Mar. 99	Zaragoza	IAMZ
	DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES	18-29 Oct. 99	Zaragoza	IAMZ/MIMAM/FAO
	USO CONJUNTO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS	8-12 Nov. 99	Zaragoza	IAMZ
	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS INSTALACIONES ACUÍCOLAS EN EL MEDITERRÁNEO	17-21 Ene. 00	Zaragoza	IAMZ/FAO
	ESTRATEGIAS DE REPOBLACIÓN FORESTAL EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	7-18 Feb. 00	Zaragoza	IAMZ
	EVALUACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS EN EL MEDITERRÁNEO	27-31 Mar. 00	Fuengirola	IAMZ/IEO
	TURISMO EN ZONAS RURALES: ESTRATEGIAS Y PROMOCIÓN	3-7 Abr. 00	Zaragoza	IAMZ
	ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES: MÉTODOS DE MEDIDA Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN	8-19 Mayo 00	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	GESTIÓN DE LA CALIDAD. NUEVOS CONCEPTOS Y SU APLICACIÓN EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO	9-20 Nov. 98	Zaragoza	IAMZ
	COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DEL MAR: TENDENCIAS Y RETOS	14-18 Dic. 98	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN DE LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN ALIMENTARIA	11-22 Ene. 99	Zaragoza	IAMZ
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	22-26 Feb. 99	Zaragoza	IAMZ/OMC
	DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO	26 Abr./ 7 Mayo 99	Zaragoza	IAMZ
	*MARKETING AGROALIMENTARIO	4 Oct. 99/ 9 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ

(*) Cursos de Especialización Postuniversitaria del correspondiente Programa Master of Science. Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 98-99; 00-01; 02-03
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 99-00; 01-02; 03-04
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 99-00; 01-02; 03-04
- ACUICULTURA: 99-00; 01-02; 03-04
- ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 98-99; 00-01; 02-03
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 99-00; 01-02; 03-04

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 Producción Animal, Marketing Agroalimentario y Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Mayo 1999. El plazo de inscripción para el curso de Acuicultura finaliza el 30 de Junio 1999. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal y Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente finaliza el 15 de Mayo 2000.

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.

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.

En la página Web se proporciona información sobre los cursos programados y se facilita el formulario de inscripción: http://www.iamz.ciheam.org

Para mayor información dirigirse a: Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza
Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Teléfono 976 57 60 13 - Fax 976 57 63 77
e-mail: iamz@iamz.ciheam.org – Web http://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 } 4.000 ptas. ó 24 €

❑ Ambas Series 5.500 ptas. ó 33 €

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.º ..... 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.º .....

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 XXX (1999), Vol. 95V N.° 3

ÍNDICE

Página

A.J. Felipe, R. Socias i Company, J. Gómez Aparisi.- El concepto del ideotipo en la mejora de patrones para el almendro ... 209

J.A. De Juan Valero, C. Fabeiro Cortés, F.J. Martín de Santa Olalla Mañas, H. López Córcoles.- Efecto del déficit de suministro de agua en el rendimiento y en la calidad de un cultivo de maíz dulce 218

R. Mancilla y Díaz Infante.- Aplicación de ácido giberélico y anillado en uva de mesa 'Ruby seedless' 241

M.V. Andrés, J. Rodríguez, J.M. Durán.- Características varietales de clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) cultivados en el Levante español 247

I. Iglesias, J. Gaell, G. Echevarría, M. Vendrell.- Efecto del riego refrescante por aspersión en la mejora del color y de la calidad en manzanas CV. 'Topred Delicious' 267