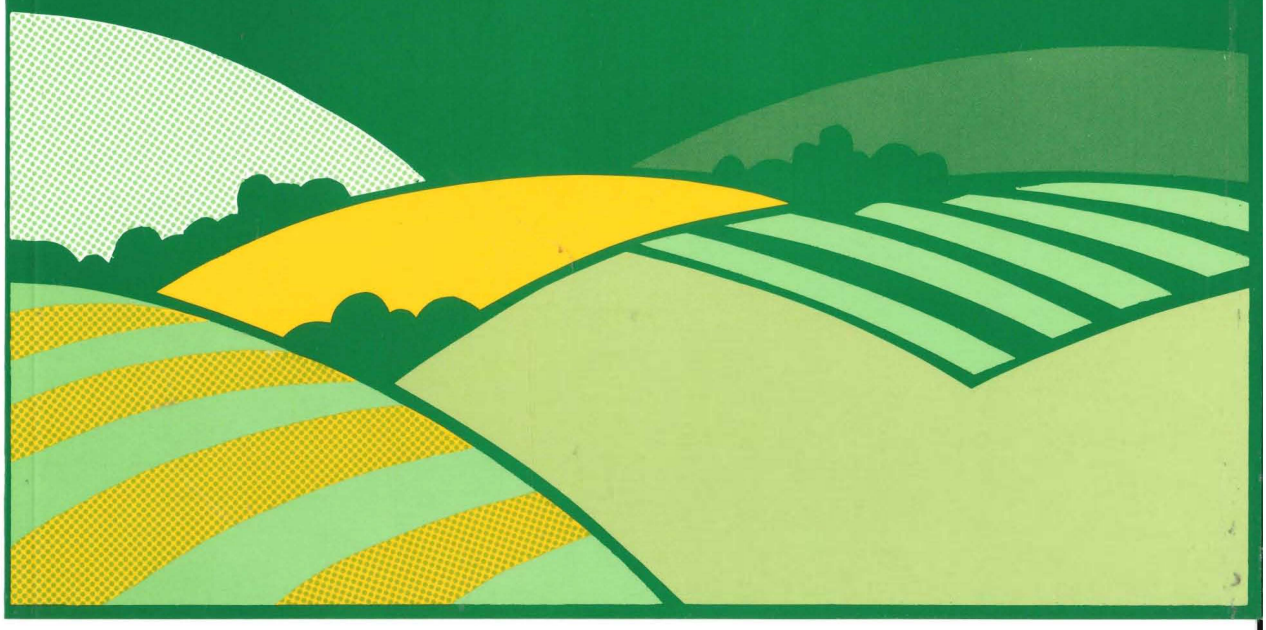
ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

1997 – Vol. 93V N.º 3



I T E A

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

1997 - AÑO XXVIII
Vol. 93 V 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: Pere Albertí Lasalle
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
SECRETARIOS: Serie Producción Vegetal: Eduardo Notivol Paíno
Serie Producción Animal: José Luis Alabart Álvarez
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
Clara Marín Alcalá
Juan A. Marín Velázquez
Luis Pérez y Pérez
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Michel Villalta Martín
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

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones 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 1997 se publicarán los volúmenes 93A y 93V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 1997 será de 3.500 ptas. para una serie y de 5.000 ptas. para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

EDITORIAL

LA NUEVA ORIENTACIÓN DE LA REVISTA DEL INIA

Parece que el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España (INIA) se dispone a cambiar la orientación de su revista "Investigación Agraria" ya que se ha modificado su comité de Redacción, antes compuesto por investigadores y ahora por funcionarios del INIA y el Grupo Asesor Senior de la Presidencia del INIA.

Esta revista, en sus cuatro series: producción vegetal, animal, forestal y economía, ha sido, tradicionalmente, una de las mejores de su especialidad en lengua castellana, alcanzando numerosísimas bibliotecas de muchos países y, en particular, los hispanoparlantes. Por lo que cualquier cambio en su orientación puede tener grandes repercusiones en la imagen de la investigación agraria española.

Si se pretende, como parece, dedicarla a temas fundamentalmente divulgativos (es decir, que "los resultados de los trabajos sean aprovechados al máximo por los destinatarios") la nueva revista del INIA puede entrar en competencia con las numerosas revistas comerciales, de carácter esencialmente aplicado, que existen actualmente en el mercado, y que tienen, generalmente, graves problemas para hacerse con material publicable de calidad.

La revista ITEA con sus modestos, pero eficaces, recursos no puede pretender ser el único vehículo de la investigación agraria, pues tiene una difusión incomparable a la de una revista oficial. Sin embargo, ha alcanzado un prestigio notable dentro y fuera de España, manteniendo una periodicidad constante desde hace más de 25 años, por lo que es modélica en su género, a pesar de que, como órgano de expresión de AIDA, ha funcionado como una ONG, con el trabajo voluntario y entusiasta de unos pocos.

Creemos que es imprescindible la existencia de revistas de investigación agraria, publicadas en español, que ofrezcan rapidez en su publicación, con una revisión de evaluadores competentes en el tema, que garanticen su calidad científica y técnica, y de amplia distribución.

En divulgación y transferencia de tecnología no se puede inventar sin consecuencias. Si hace algunos años denunciábamos que se había desmontado el sistema de transferencia tecnológica agraria española, ahora tenemos que indicar que no se puede "vestir a un santo desvistiendo a otro".

Poténcienseen con personal, si no profesional, al menos motivado, y medios suficientes, la revista de "Investigación Agraria", para ser capaces de atraer trabajos de calidad, ofreciendo a los investigadores seriedad en la evaluación y rapidez en la publicación. La diversificación en el tipo de publicaciones también puede ser útil (¿por qué no retomar la colección de Tesis Doctorales financiadas por el INIA?) y aliéntese, por otra parte, las publicaciones de divulgación que, aunque algunos les parezca mentira, siguen siendo necesarias en el campo español.

Carlos Zaragoza

Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza

Patronato de la Fundación Enrique Coris Gruart

En conmemoración del CL Aniversario del inicio de los estudios de Veterinaria en la Universidad de Zaragoza y del XXV Aniversario de la concesión del Premio Coris, el Patronato de la Fundación Coris Gruart ha acordado convocar, excepcionalmente, sendos premios en las dos modalidades, A y B, de acuerdo con las siguientes bases:

CONVOCATORIA

"PREMIO ENRIQUE CORIS GRUART - 1997"

TEMAS:

MODALIDAD A: **PATOLOGIA, CIRUGIA U OBSTETRICIA VETERINARIAS Y SUS CIENCIAS BASICAS Y RELACIONADAS**

MODALIDAD B: **ZOOTECNIA O INSPECCION DE CARNES Y SUS CIENCIAS BASICAS Y RELACIONADAS**

BASES:

1º.- Podrán optar al Premio todos los Veterinarios españoles que presenten trabajos sobre alguno de los temas anteriormente citados, **con anterioridad a las 14 horas del día 28 de febrero de 1998.**

2º.- El trabajo inédito o publicado en alguna revista profesional, nacional o extranjera, en el transcurso de los doce meses anteriores, deberá recaer sobre un tema libre de **Patología, Cirugía u Obstetricia Veterinarias y sus Ciencias Básicas y Relacionadas (Modalidad A) o Zootecnia o Inspección de Carnes y sus Ciencias Básicas Relacionadas (Modalidad B)** que contenga aportaciones originales o nuevas concepciones teóricas, descartándose en absoluto los trabajos de simple erudición.

3º.- Los trabajos mecanografiados, encuadernados, y presentados adecuadamente sin limitación de espacio y en ejemplar TRIPLICADO, deberán incluir un resumen y se entregarán o enviarán con un lema, sin firma o remite del autor, que posibilite su identificación. Aparte, se acompañará un sobre cerrado y lacrado con el lema, que contendrá el nombre del autor o autores y su dirección. Podrán acompañarse de gráficos y/o ilustraciones.

4º.- Los trabajos que opten al Premio, serán remitidos al Sr. Presidente del Patronato Enrique Coris Gruart, Facultad de Veterinaria de Zaragoza (C/ Miguel Servet, 177 - 50013-Zaragoza) y a las personas que presenten los trabajos se les hará entrega de un resguardo de depósito.

5º.- La concesión de los Premios, será atribución del Tribunal Calificador, designado por el Claustro de Catedráticos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza y cuya composición no se hará pública hasta el momento de la concesión de los Premios. Dicho Tribunal requerirá una evaluación externa de los trabajos presentados.

6º.- Los Premios serán fallados por el Tribunal Calificador, **antes del 1º de mayo de 1998**, contra cuya decisión no cabrá recurso alguno.

7º.- El Presidente del Patronato hará público el resultado y lo comunicará a los interesados.

8º.- Los trabajos no premiados podrán ser recogidos por sus autores **antes del 1º de julio de 1998**, transcurrida esta fecha, los trabajos restantes serán destruidos.

9º.- La entrega de los Premios se realizará en un acto solemne en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza y relacionado con la conmemoración del 150 Aniversario de la instauración de los estudios de Veterinaria en Zaragoza.

10º.- La cuantía del Premio para cada una de las modalidades es de 1.000.000 pesetas (UN MILLON DE PESETAS) que serán entregadas por la autoridad que se designe y en el acto citado.

11º.- Los autores quedan en libertad de publicar en su totalidad o en parte, los trabajos premiados, siempre que hagan constar, que han sido galardonados con el Premio de la Fundación Enrique Coris Gruart de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

12º.- Si a juicio del Tribunal Calificador no fuese presentado ningún trabajo merecedor de ser premiado, los Premios podrán ser declarados desiertos.

13º.- Cualquier eventualidad no prevista en estas bases será resuelta por el Patronato de la Fundación Enrique Coris Gruart.

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 3, 135-155

PROGRESOS EN LA CARACTERIZACIÓN Y MEJORA DE LA VID (*Vitis vinifera* L.) MEDIANTE MARCADORES MOLECULARES

S. Moreno*
Y. Gogorcena**
J. María Ortiz*

* Dpto. Biología Vegetal, E.T.S. Ingenieros Agrónomos (U.P.M) Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
** Dpto. Nutrición Vegetal, E.E. Aula Dei C.S.I.C., Apdo. 202, 50080 Zaragoza

RESUMEN

En este trabajo se revisa la contribución de los marcadores moleculares en la identificación y mejora de variedades de vid, así como en el estudio de relaciones genéticas entre ellas. La correcta identificación de variedades se ha convertido en una necesidad de primer orden en la viticultura moderna. Debido a que los métodos tradicionales de identificación son arduos se han desarrollado marcadores moleculares que posibilitan una identificación rápida y fiable de variedades. Por otra parte, la mejora de la vid, se ha basado principalmente en la detección de los genotipos más interesantes dentro de cada variedad mediante un largo proceso de selección clonal. Para ciertos caracteres de interés, la selección clonal no es aplicable pero tampoco la mejora mediante cruzamientos, ya que se enfrenta a limitaciones culturales, técnicas y económicas. La utilización de ciertos marcadores moleculares puede facilitar y acortar el proceso de selección clonal, hacer viable en muchos casos la mejora mediante cruzamientos e, incluso, la introducción de genes de interés mediante biotecnología. Las relaciones genéticas entre variedades de vid apenas han sido estudiadas, pero para este análisis, una combinación de datos aportados por distintos tipos de marcadores moleculares, es probablemente la mejor opción.

Palabras clave: AFLP, Mejora genética, Relaciones genéticas, Identificación, Isoenzimas, Marcadores moleculares, RAPD, RFLP, STMS, *Vitis vinifera*, Vid.

ABSTRACT

MOLECULAR MARKERS FOR GRAPEVINE CHARACTERIZATION AND BREEDING

We review here recent contributions of molecular markers to grapevine identification, breeding and study of genetic relationships among varieties. The accurate identification has become a major concern of the modern viticulture. Traditional procedures, mainly based on morphological data, are time consuming and labor extensive. Molecular markers have been developed that permits easy and accurate identification. Grapevine breeding has been traditionally based on clone selection, which aims to uncover valuable genotypes within each variety. For some breeding goals, neither

clone selection nor cross breeding, that face cultural, technical and economical constraints, are useful. The use of molecular markers may simplify the process of, clone selection, cross breeding and the development of genetic engineered grapevine. Genetic relationships among grapevine varieties, has been hardly investigated. A combination of data from different molecular markers may probably be the best choice.

Key words: AFLP, Plant breeding, Genetic relationships, Identification, Isozyme, Molecular markers, RAPD, RFLP, STMS, *Vitis vinifera,* grapevine.

Introducción

Concepto de variedad de vid

Restos fósiles de polen y de semillas indican que la vid, como planta silvestre (*Vitis vinifera silvestris* o lambrusca), existió durante el terciario en Europa oriental, Asia occidental y América. Posteriormente, durante el periodo glaciar cuaternario, desapareció de América y se mantuvo en los bosques circunmediterráneos y del sur del mar Caspio, produciéndose a partir de ese momento un proceso de evolución independiente de las distintas poblaciones (LEVADOUX, 1956).

El cultivo de la vid se inició en la región transcaucásica hace unos 6000 años, cuando el hombre se hizo sedentario y descubrió el interés alimentario de esta planta. Mutaciones sobre las lambruscas pudieron favorecer la aparición de formas hermafroditas más interesantes para el cultivo, que los hombres multiplicarían por estaquillas y 'domesticarían' mediante la poda, dando lugar, a través de un largo proceso de selección, a lo que se ha denominado como *Vitis vinifera sativa.*

Las vides cultivadas de Europa occidental tienen distintos orígenes: (REYNER, 1991): i) vides cultivadas en la faja nororiental del Mediterráneo (desde Grecia hasta Afganistán) traídas a occidente por aqueos, dóricos, griegos y romanos. Este material ha evolucionado como consecuencia de mutaciones y por efecto de la selección realizada por el hombre; ii) cruzamientos naturales entre las vides cultivadas importadas de oriente y las lambruscas autóctonas; iii) selección de las lambruscas indígenas. Las nuevas variedades obtenidas durante los siglos XIX y XX mediante cruzamientos artificiales, se han difundido poco y hoy sólo ocupan un 3% de la superficie total del viñedo eurasiático.

Una variedad tradicional de vid está formada por un conjunto de genotipos lo suficientemente similares entre sí pero diferentes de otros (desde el punto de vista morfológico, y en ocasiones también tecnológico), como para que el viticultor les asigne un nombre común (DOAZAN, 1988; REYNER, 1991). Dada esta heterogeneidad intravarietal, sería más propio hablar de variedad-población. Este concepto de variedad, que resulta peculiar en relación al aplicado en otros cultivos leñosos, ha propiciado la aparición de un nombre específico tanto en Francia (*cépage*) como en Italia (*vitigno*).

Marcadores moleculares

La historia de los marcadores moleculares comienza cuando en 1959 MARKERT y MOLLER acuñan el término isoenzima para referirse a las distintas formas moleculares de un enzima, que proceden del mismo individuo y comparten actividad catalítica. En general el polimorfismo isoenzimático tiene una base genética, ya que las distintas ban-

das isoenzimáticas derivan de distintos alelos para el mismo o distintos *loci*. Los usos y ventajas de los isoenzimas para caracterización y análisis genético de plantas han sido revisados entre otros por TANKSLEY (1983), pero la aplicación en el caso de especies frutales ha sido excelentemente analizada por MOORE y DURHAM (1992).

Hasta hace muy pocos años el más común de los llamados marcadores ADN eran los RFLPs (*restriction fragment length polymorphisms*), (GRODZICKER *et al.*, 1974; BOTSTEIN *et al.*, 1980). La detección de RFLPs depende de diferencias en la secuencia de ADN de los individuos en estudio. Para detectar esas diferencias se fragmenta el ADN mediante enzimas de restricción. El ADN fragmentado se separa por tamaño mediante una electroforesis, se desnaturaliza y transfiere a una membrana, y se hibrida con una sonda de ADN que deberá estar marcada para poder visualizar los fragmentos de restricción que hibridan con la sonda. Cuando se realiza esto en dos individuos y se comparan los resultados, probablemente, se observen diferencias en el tamaño de los fragmentos de restricción que hibridan. Estas diferencias pueden ser debidas a uno o más cambios de bases que han alterado un lugar de restricción en el individuo, o a cambios estructurales mayores (inversiones, traslocaciones, deleciones, etc.) que modificarían la distancia entre lugares de restricción. La utilización de los RFLPs en mejora de plantas ha tenido gran trascendencia y ha sido objeto de diversas revisiones (TANKSLEY *et al.*, 1989; IGLESIAS y ROJAS, 1992), en particular su uso en el estudio de frutales ha sido tratado por MOORE y DURHAM (1992), y más recientemente por HORMAZA (1996).

En 1984, un grupo de investigadores desarrolló un método de amplificación de ADN *in vitro*, que permitía producir fácilmente grandes cantidades de uno o más fragmentos específicos (productos amplificados) a partir de un ADN molde de gran complejidad. Lo denominaron reacción en cadena de la polimerasa (PCR: *polymerase chain reaction* (SAIKI *et al.*, 1985)). Para que se produzca la amplificación de ADN, el método requiere una ADN polimerasa y 2 cebadores. El ADN amplificado puede ser visualizado por simple tinción, sin necesidad de una sonda. La PCR detecta diferencias en la secuencia nucleotídica de los fragmentos amplificados de los individuos en estudio. Estas diferencias pueden ser debidas al cambio de una o más bases en el sitio de unión de los cebadores o a cambios estructurales mayores que modificarían la distancia de unión entre los cebadores. La PCR ha permitido el desarrollo de marcadores moleculares que han abierto nuevas perspectivas para resolver los tradicionales problemas de caracterización.

En este trabajo se presenta una revisión sobre el uso de marcadores moleculares para el estudio de la vid. Se tratan cuatro aspectos: identificación de variedades, mejora de la vid mediante selección clonal y mediante cruzamientos, y relaciones genéticas entre variedades.

Identificación de las variedades

Aunque el material de vid en cultivo es el resultado de una larga evolución, hay, sin embargo, dos acontecimientos que han tenido una influencia notable en la conformación del viñedo actual: la invasión de la filoxera en el último cuarto del siglo XIX y los trabajos de selección clonal y sanitaria, iniciados a mitad del presente (DOAZAN, 1988). Ambos hechos han causado la pérdida de diversidad genética (TRUEL, 1990), pero han simplificado el panorama varietal,

propiciando la aparición de normativas o reglamentos relativos a la utilización de las variedades en las distintas zonas vitícolas. La correcta identificación de las variedades de vid se ha convertido así en una necesidad que se ha incrementado en los últimos años. Por una parte, debido a la creciente participación de los viveros en la producción y distribución de variedades y por otra a la introducción de variedades procedentes de otros países. El problema de la identificación pues afecta e interesa tanto a viticultores, como a viveristas y a organismos oficiales de control.

Ampelografía clásica

El primer trabajo sistemático de descripción de las variedades de vid, con objeto de facilitar su identificación, lo acometen VIALA y VERMOREL (1901-1910). Coincide en el tiempo con el inicio de la viticultura moderna, tras la crisis filoxérica. Estos autores, realizan la descripción de las características morfológicas, agronómicas y tecnológicas de gran número de variedades de vid. La culminación de estos trabajos, 50 años después, se debe a GALET (1964). En 1982 expertos de la O.I.V. (Oficina Internacional de la Viña y el Vino) y de la U.P.O.V. (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales) aprueban una lista de 130 caracteres morfológicos para su utilización internacional, en la descripción, evaluación y conservación de las diferentes variedades de vid (O.I.V., 1984). Se pretende así que las descripciones sean menos ambiguas y menos dependientes de factores ambientales. Posteriormente, a partir de dicha lista, se crean otras más reducidas, específicas para la distinción de variedades, establecimiento de colecciones de genes, trabajos de mejora y descripción de variedades (DETTWEILER, 1991). Con todo, la utilización de este tipo de caracteres descriptivos presenta dos serios inconvenientes: cada carácter debe examinarse en un estado fenológico determinado, y deben utilizarse plantas adultas. Otros métodos propuestos para la identificación de variedades de vid, como el estudio de caracteres morfométricos (RAVAZ, 1902; GALET, 1967), histológicos (KASZAB, 1976), morfología de polen (AHMEDULLAH, 1986; BEN SLIMANE y ASKRI, 1990; CABELLO, 1992), o composición en ácidos grasos de las semillas (FANIZZA, *et al.* 1986), o bien presentaban los inconvenientes citados anteriormente, o bien no generaban suficiente polimorfismo para permitir la correcta identificación de variedades.

Isoenzimas y RFLPs

El estudio de sistemas isoenzimáticos ha tenido bastante transcendencia. Los trabajos desarrollados fundamentalmente durante los años 80 y principios de los 90, llevaron a la selección de un cierto número de sistemas isoenzimáticos adecuados para la identificación de variedades de vid (WOLFE, 1976; SCHWENNESEN *et al.,* 1982; STAVRAKAKIS y LOUKAS, 1983; BACHMANN y BLAISCH, 1988; CALÒ *et al.,* 1989; CABELLO, 1992; Vidal, 1996). Esta técnica es barata, rápida y reproducible bajo ciertas condiciones experimentales (ROYO *et al.,* 1997). La exigencia sobre el momento en que debe realizarse el análisis no es tan estricta como en el caso de los caracteres morfológicos. El principal inconveniente está en que el número de sistemas isoenzimáticos que se puede analizar, y por ende el polimorfismo que se puede alcanzar es limitado. Esta dificultad se salva adecuadamente mediante el análisis de RFLP con sondas minisatélite (JEFFREYS *et al.,* 1985). Las sondas minisatélite hibridan con regiones del ADN constituidas a

partir de la repetición de una secuencia núcleo de 16 a 64 pb (llamadas minisatélites). En cada genoma, la sonda suele hibridar en más de un punto, por lo que se exploran simultáneamente varios *'loci'*. En cada *loci* el ensayo permite detectar polimorfismos en el nivel de repetición de la secuencia núcleo cuando se comparan unos individuos con otros. Una misma sonda puede utilizarse con éxito en organismos muy distintos, sin necesidad de un conocimiento previo del genoma de los organismos a estudiar. El número de polimorfismos que se pueden obtener es suficiente para la identificación de variedades de vid (STRIEM *et al.*, 1990; BOWERS *et al.*, 1993). No obstante, el ensayo RFLP es comparativamente costoso, técnicamente exigente y requiere bastante tiempo.

Marcadores moleculares basados en la PCR

En los últimos años se han desarrollado una serie de técnicas moleculares basadas en la PCR. Una de las mas sencillas se denomina RAPDs (*random amplified polymorphic DNA*, (WELSH y MCCLELLAND,, 1990; WILLIAMS *et al.*, 1990, Figura 1) y analiza el polimorfismo obtenido al amplificar el ADN genómico con cebadores escogidos al azar y, por tanto, no es necesario un conocimiento previo sobre el genoma del organismo a estudiar. Dado el elevado polimorfismo que proporciona y su bajo coste, se ha utilizado con éxito para la identificación varietal en vid (COLLINS y SYMONS, 1993; GOGORCENA *et al.*, 1993; JEAN-JAQUES *et al.*, 1993; MORENO *et al.*, 1995) y en otros cultivos leñosos (WILDE *et al.*, 1992; KOLLER *et al.*, 1993; GOGORCENA y PARFITT, 1994; WEISING *et al.*, 1995). No obstante, los problemas de reproducibilidad entre laboratorios desaconsejan su utilización en el establecimiento de bancos internacionales de datos para la identificación varietal (WEISING *et al.*, 1995; WOLFF *et al.*, 1995; MORENO, 1996).

Para este fin, el estudio de ADN repetitivo de secuencia simple (SSR: *simple sequence repeat*) o ADN microsatélite mediante PCR (STMS, *sequence tagged microsatellite site*, (LITT y LUTY, 1989; WEBER y MAY, 1989), fig. 1) ha sido propuesto de forma entusiasta por un grupo de investigación australiano (SCOTT y THOMAS, 1994). Los microsatélites son muy abundantes y se encuentran regularmente distribuidos por todo el genoma. Para el análisis STMS se utiliza una pareja de cebadores que son complementarios de las regiones que flanquean a un determinado microsatélite y que permiten su amplificación. El polimorfismo deriva de diferencias en el nivel de repetición de la unidad repetida dentro del microsatélite, obteniéndose, numerosas variantes alélicas (Figura 2). El ensayo es rápido, sencillo y reproducible y tiene la gran ventaja de que tanto el recuento de bandas como el análisis de datos puede automatizarse. Como consecuencia los datos son fácilmente transferibles entre usuarios (SCOTT y THOMAS, 1994). En Internet se pueden encontrar varias bases de datos con los genotipos microsatélite de numerosas variedades[1]. El principal inconveniente es que la selección y caracterización de los *loci* microsatélites útiles requiere un trabajo arduo que implica la construcción de librerías genómicas enriquecidas en clones que contengan microsatélites,

1. http://wineserver.ucdavis.edu/cpm/grapedna.html
http://cgswww.adl.hort.sciro.au/cgsmain.html.

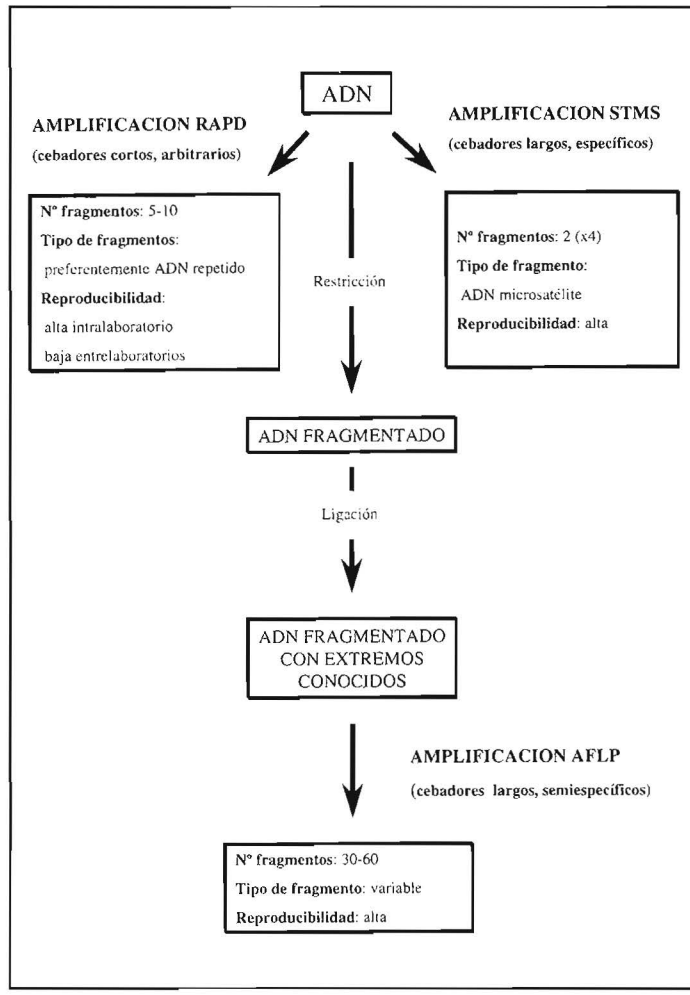


Figura 1. Características de los principales marcadores moleculares basados en la PCR utilizados para el estudio de la vid

Figure 1. Main properties of PCR-based molecular markers used for grapevine studies

su secuenciación y el diseño de cebadores que amplifiquen *locus* específicos y polimórficos. Hasta la fecha sólo han sido publicados los cebadores para el estudio de nueve *loci* microsatélite en vid (THOMAS y SCOTT, 1993; BOWERS *et al.*, 1996). No obstante, hoy son numerosos los laboratorios interesados en la utilización de este tipo de marcadores para identificación de variedades de vid (BOWERS y MEREDITH, 1994; CIPRIANI *et al.*, 1994; BOTTA *et al.*, 1995; BOWERS *et al.*, 1996).

Otra técnica que permite detectar variaciones en la secuencia nucleotídica y que

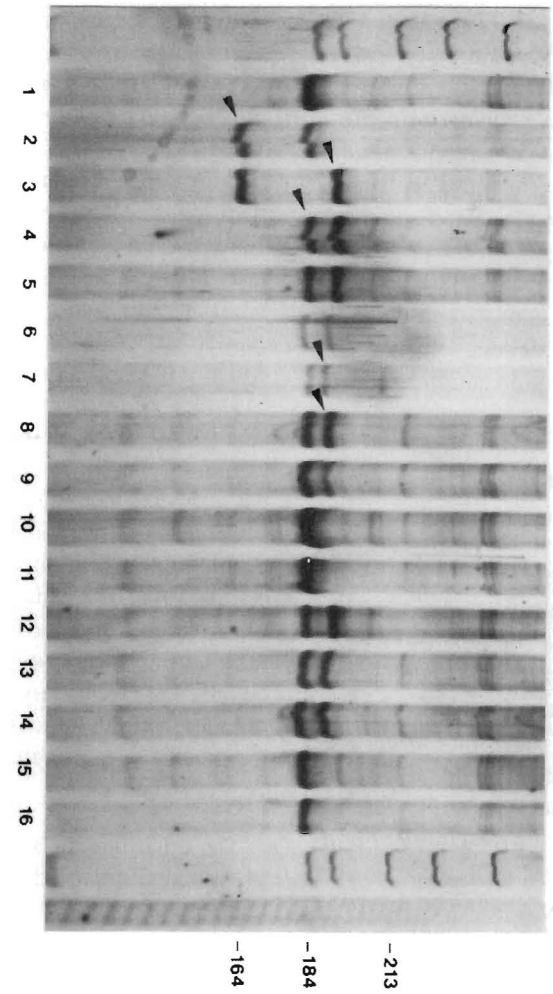


Figura 2. Identificación varietal en vid mediante STMS. El examen del *locus* microsatélite VVS1 en 16 variedades de uva de mesa que identifica un total de 5 alelos, señalados por las flechas. Cada una de las variedades estudiadas queda definida por un par de alelos. En total se observan 6 genotipos distintos. Los números situados a la derecha indican tamaño molecular en pares de bases (cortesía de Juan P. Martín y Eva M. Sánchez)

Figure 2. Grapevine identification with STMS. The analysis of VVS1 microsatellite locus in 16 table grape varieties yields 5 alleles (pointed by arrows). Each variety is defined by a pair of alleles. Overall 6 different genotypes are found. Numbers on the right indicate molecular size in base pairs (courtesy of J.P. Martín and E.M. Sánchez)

puede ser de interés para la identificación varietal en vid es AFLP[2] (ZABEAU y VOS, 1993; VOS *et al.*, 1995). En este caso, el ADN molde se somete primero a un tratamiento de restricción y posteriormente a una ligación de pequeños oligonucleótidos de secuencia conocida llamados 'adaptadores' (Figura 1). La amplificación se realiza utilizando cebadores que constan de dos partes, una secuencia complementaria al adaptador y que contiene completa la diana de restricción, y una secuencia selectiva que tiene por objeto que sólo amplifique una fracción del conjunto de fragmentos de restricción generados. A diferencia de los RFLPs, ahora el polimorfismo deriva principalmente de la presencia/ausencia de los fragmentos de restricción amplificados, más que de diferencias en la longitud de los mismos. Varios grupos trabajan en la identificación varietal en vid basada en AFLPs (CERVERA Y MARTÍNEZ-ZAPATER, comunicación personal; REISCH, comunicación personal). Es de esperar que muy pronto se conozca la utilidad real de estos marcardores. Aunque hay dudas sobre si los RAPDs proporcionan una mejor relación *loci* polimórficos a *loci* totales, el número de *loci* polimórficos por ensayo es mucho mayor en el caso de AFLPs (LU *et al.*, 1996). Por otra parte, parece que la reproducibilidad entre laboratorios del ensayo AFLP es superior a la que se obtiene con RAPDs (VOS *et al.*, 1995; HILL *et al.*, 1996), por lo que con ellos sería más factible la utilización en un banco de datos internacional. La difícil automatización del análisis de resultados y el elevado coste unitario del ensayo, quizás sean las desventajas principales de AFLP frente a STMS cuando se trata de resolver problemas de identificación.

Sea cual fuere el marcador molecular que se utilice, a efectos de identificación lo ideal es contrastar en un mismo ensayo la variedad problema con las variedades para las que se conoce el *fingerprint* o patrón de bandas característico. Una misma combinación de marcadores en la variedad problema y en alguna de las variedades conocidas, indica que probablemente dichas variedades sean idénticas. Se están llevando a cabo estudios para determinar esa probabilidad cuando se utilizan marcadores RAPD y AFLP (IBAÑEZ, comunicación personal; CERVERA y MARTÍNEZ-ZAPATER, comunicación personal). Según BOWERS *et al.* (1996) la identificación de cultivares no se debe basar únicamente en la coincidencia de perfiles entre cultivar caracterizado y cultivar problema. Se debe incorporar además una estima de la frecuencia del genotipo problema en la población de cultivares de *V. vinifera*. La presencia común de alelos raros en la variedad problema y en la variedad referencia avalaría una identidad con mayores garantías que la presencia común de alelos de alta frecuencia.

De igual modo, se puede rechazar la identidad si la variedad problema presenta una combinación de marcadores diferente a la que caracteriza a la variedad referencia. También en este caso se debe admitir cierta posibilidad de error ya que no se puede asegurar que un marcador es característico de una variedad hasta que no se han analizado todos los miembros de esa variedad, lo que en la práctica es inalcanzable. No se ha investigado con detalle la magnitud de la variabilidad molecular en el interior de variedades de vid antiguas, pero los primeros estudios indican que en algunos casos es importante (ROYO *et al.*, 1989; MORENO,

2. El nombre AFLP no debe usarse como acrónimo.

1996; SENSI *et al.*, 1996). De hecho Sensi y col. han encontrado que aparentemente ciertos materiales pertenecientes a la variedad 'Colorino' difieren molecularmente más entre sí que cuando son comparados con otra variedad. En estos casos existe un riesgo evidente de tomar un polimorfismo intravarietal por polimorfismo varietal, lo que se puede evitar realizando previamente estudios ampelográficos clásicos, ya que son éstos y no los métodos moleculares los que han servido para clasificar en variedades el material de vid.

Mejora mediante selección clonal

Origen y uso de la diversidad intravarietal

En la mayoría de los países con tradición vitivinícola, el cultivo de la vid está reglamentado y se basa en la utilización de variedades tradicionales, soporte fundamental, junto a las condiciones edafoclimáticas y las técnicas de elaboración, de la tipicidad del vino (BESSIS *et al.*, 1995). Como consecuencia, la selección clonal o selección de los individuos más interesantes (cabezas de clon) dentro de las variedades-población de vid, es hoy el principal método para la mejora de la vid de vinificación.

Tres pueden ser los orígenes de la heterogeneidad dentro de una variedad de vid (REYNIER, 1991). En primer lugar, *cruzamientos naturales* sucesivos que dieron lugar a una descendencia heterogénea y que el viticultor primitivo clasificó en grupos más homogéneos de acuerdo con su fenotipo; cada uno de estos grupos constituiría una variedad (origen policlonal de las variedades). En segundo lugar *mutaciones* que modificaron ligeramente la morfología u otras características de los individuos. En una variedad de vid multiplicada vegetativamente durante siglos sobre grandes superficies, es muy probable la existencia de una diversidad de genotipos resultado de mutaciones (ROYO *et al.*, 1989). Estos cambios en general pasan desapercibidos, pero en algunos casos han sido tan relevantes que han dado lugar a la constitución de una nueva variedad. La última fuente de variabilidad serían *enfermedades víricas* que modifican la morfología y fisiología de los individuos. La diversidad originada por cualquiera de estas tres vías es seleccionada por el hombre de forma diferente en las distintas zonas de cultivo. De esta forma, la misma variedad en distintas zonas puede estar constituida por un conjunto de genotipos (clones) diferente (RIVES, 1961).

El que una variedad sea considerada como una unidad, se debe a que las diferencias entre los distintos clones que la componen no son obvias. Dos clones de una cierta variedad pueden diferir en la fenología, en detalles morfológicos poco evidentes como p. ej. la morfología floral, en el comportamiento frente a enfermedades, en la fecundidad, en las características tecnológicas, etc. (HIDALGO, 1993; MUÑOZ ORGANERO, 1995). Muchos de estos factores son susceptibles a influencias ambientales y a agentes patógenos, por ello, los métodos utilizados para seleccionar los clones con las características deseadas, requieren la realización de observaciones periódicas durante muchos años, la verificación constante del buen estado sanitario de las cepas, y un cuidadoso diseño estadístico para la obtención y evaluación de datos (RIVES, 1961).

La utilización de marcadores moleculares para el polimorfismo intravarietal en vid podría tener interés en las tres fases de una estrategia de selección clonal. Primero, para evaluar de forma rápida la diversidad intravarietal y localizar el material sobre el que, preferentemente, podría iniciarse el proceso de selección clonal. Segundo, si se dispusie-

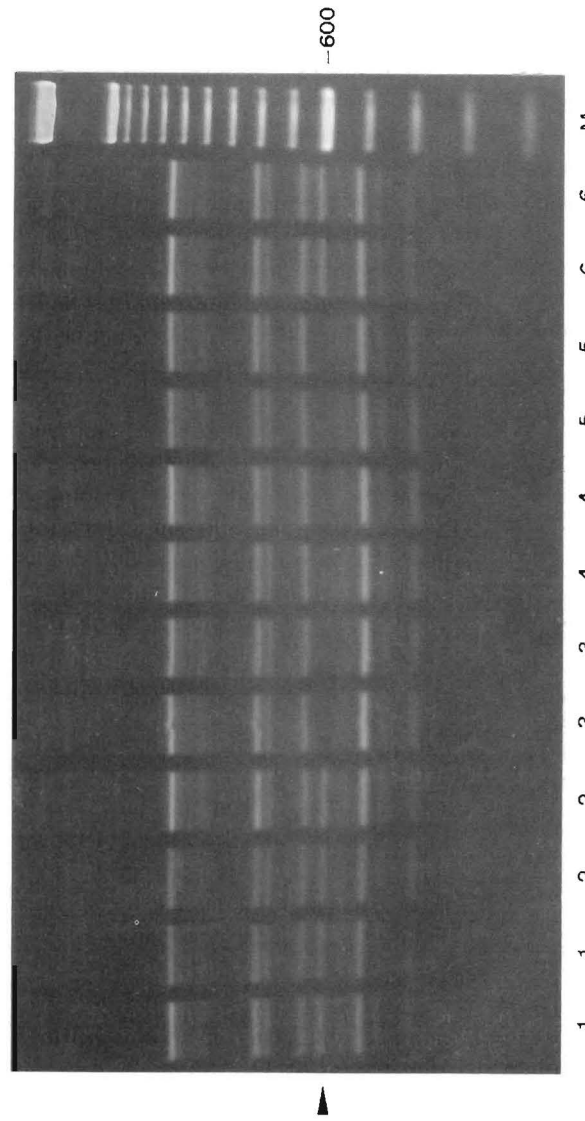


Figura 3. Detección de polimorfismo intravarietal mediante amplificaciones RAPD con un cebador decámero (BC-493). Las seis accesiones habían sido clasificadas mediante un estudio ampelográfico clásico como pertenecientes a la variedad 'Garnacha', sin embargo presentaron dos modelos de bandas RAPD. De cada accesión se muestran dos amplificaciones. El número situado a la derecha indica tamaño molecular en pares de bases.

Figure 3. Detection of intravarietal polymorphisms with the 10-mer RAPD primer (BC-493). The six accessions studies were classified after an ampelographic analysis as 'Garnacha' variety. However, two different RAPD band patterns were found. For each accession two amplifications are shown. The number on the right side indicates molecular size in base pairs.

se de marcadores ligados a genes de interés se podrían localizar rápidamente los genotipos con el carácter deseado y concentrar sobre ellos el trabajo de selección clonal. En tercer lugar, los marcadores moleculares ayudarían a caracterizar e identificar de forma rápida y fiable los materiales seleccionados.

Detección del polimorfismo intravarietal

Trabajos desarrollados recientemente han llevado a la conclusión de que al menos una parte del polimorfismo intravarietal puede ser fácilmente accesible a un análisis de *fingerprinting* (SENSI *et al.*, 1996). Probablemente se trate de una diversidad originada a partir de cruzamientos naturales (origen policlonal); los miembros de una variedad estarían estrechamente emparentados pero presentarían genomas con notables diferencias y fácilmente detectables en el análisis molecular. Estas diferencias escaparían, no obstante, a un análisis ampelográfico clásico porque no se expresan o porque afectan a caracteres, como el tamaño de la hoja o el tamaño y compacidad del racimo, resistencia a enfermedades, fenología, etc., difíciles de interpretar debido a las interferencias ambientales.

Por el contrario, otra parte de la heterogeneidad intravarietal, probablemente aquella que es consecuencia de las mutaciones somáticas, se ha resistido generalmente a todo análisis molecular de *fingerprinting*. Aunque hay algunas excepciones (SCHWENNESEN et al., 1982; MORENO, 1996), como la mostrada en la figura 3, en general se ha encontrado que ni el estudio de isoenzimas (STAVRAKAKIS y LOUKAS, 1983; CALÓ *et al.*, 1989; ALTUBE *et al.*, 1991), RFLPs, (BOURQUIN *et al.*, 1993; BOWERS *et al.*, 1993; GOGORCENA *et al.*, 1993), RAPDs (COLLINS y SYMONS, 1993; GOGORCENA *et al.*, 1993) es capaz de detectar este tipo de polimorfismo intravarietal.

La utilización de marcadores moleculares que permitan explorar simultáneamente un gran número de *loci* altamente variables podría mejorar la detección de mutaciones somáticas. En estudios sobre vid y peral, YE *et al.* (1996) han observado que la realización de un ensayo RAPD con cebadores de entre 16 y 20 pb da lugar a un mayor número de bandas polimórficas por ensayo respecto a cuando se utilizan cebadores decámeros. AFLP es potencialmente interesante para la caracterización de este tipo de mutantes (CERVERA, comunicación personal), ya que permite examinar regiones del genoma con variabilidad comparable a la examinada mediante RAPD, pero, dado el gran número de *loci* examinados en cada ensayo AFLP la eficiencia en este caso es mucho mayor (fig. 4). Recientemente se han desarrollado algunas técnicas moleculares que posibilitan el estudio simultáneo de regiones altamente variables (ZIETKIEWICZ *et al.*, 1994; ROHDE, 1995). No obstante, su utilidad en la detección de mutaciones somáticas está todavía por demostrar (MORENO, 1996).

Las técnicas de *fingerprinting* con marcadores moleculares como minisatélites, RAPD, STMS, AFLP, etc, realizan un análisis del genoma en el que la detección de polimorfismos se confía al azar, por lo que se suelen llamar técnicas de 'análisis ciego' (HAYMER, 1994). En la práctica, este análisis sólo permite la exploración de una fracción bastante reducida del genoma y quizás insuficiente para la detección de mutaciones que afectan a uno o pocos fragmentos. Por ello se están buscando métodos que realicen la detección de mutaciones de una forma más eficaz.

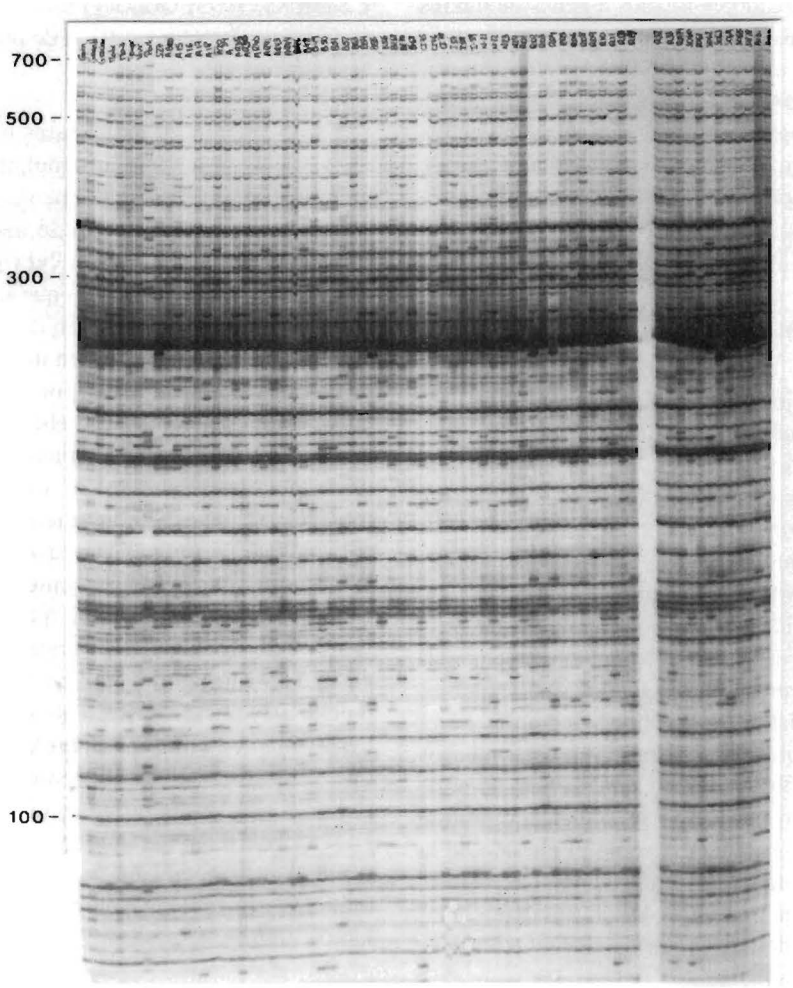


Figura 4. Detección de polimorfismos AFLP en vid. El ADN genómico de las 69 muestras se sometió a un tratamiento combinado con 2 enzimas de restricción (EcoRI y MseI), una ligación de fragmentos de ADN de secuencia conocida (adaptadores) y una amplificación en dos etapas utilizando cebadores basados en la secuencia de los adaptadores, más 1-3 nucleótidos selectivos. Los números situados a la izquierda indican tamaño molecular en pares de bases (cortesía de M. Cervera y J.M. Martínez)

Figura 4. Detection of grapevine AFLP polymorphisms. Genomic DNA of 69 accessions was subjected to a combined treatment with 2 restriction enzymes (EcoRI and MseI), ligation of short DNA fragments of known sequence (adapters), and a two step amplification using primers based on the adapters sequence plus a 1-3 nucleotides selective sequence. Numbers on the left side indicate molecular size in base pairs. (courtesy of M. T. Cervera and J.M. Martínez)

Los métodos de enriquecimiento diferencial de ADN (LISITSYN *et al.*, 1993; ROSENBERG *et al.*, 1994) desarrollados para el estudio de mutaciones en animales podrían ser utilizados en plantas. Estos se basan en técnicas de hibridación sustractiva que permiten la purificación o enriquecimiento de los fragmentos de ADN presentes en el genotipo mutante y no en el normal o viceversa. Una vez clonado el fragmento diferencial, puede utilizarse para construir una sonda o para definir un ensayo de PCR específico. Pancaldi *et al.* (Universidad de Bolonia, comunicación personal) están tratando de caracterizar mutantes somáticos de manzano mediante una de estas técnicas.

También es posible que las mutaciones somáticas no sean detectadas, porque no afecten o afecten mínimamente a la movilidad del ADN en un gel de agarosa. En este caso las llamadas *DNA screening techniques* (LESSA y APPLEBAUM, 1993), que permiten la separación de las moléculas de ADN no sólo en función de su tamaño sino también de su secuencia, pueden complementar eficazmente el análisis tradicional de *fingerprinting*. La más sencilla de estas técnicas sería el análisis heterodúplex de amplificaciones RAPDs (MCCLELLAND *et al.*, 1994). El descubrimiento de que la molécula heterodúplex formada a partir de productos de amplificación de naturaleza alélica podía detectarse como una banda nueva, fue realizado por Ayliffe y col. en 1994, cuando buscaban marcadores RAPDs ligados a genes de avirulencia en un hongo parásito de lino (AYLIFFE *et al.*, 1994). Las moléculas heterodúplex se pueden formar si se mezcla ADN molde (*template mixing*) de dos individuos con distinto alelo (individuo 'normal' e individuo mutante) antes de la PCR, o si se mezclan productos de amplificación alélicos obtenidos independientemente (*product mixing*) y se desnaturaliza y renaturaliza lentamente la mezcla (DAVIS *et al.*, 1995). Otra de estas técnicas, también muy fácilmente adaptable a un análisis de *fingerprinting* mediante PCR, se denomina SSCP (*single stranded conformation polymorphisms* (ORITA *et al.*, 1989)). La capacidad de distinguir fragmentos de ADN mutantes se basa en dos principios: i) la conformación molecular del ADN de cadena sencilla es dependiente de la secuencia de nucleótidos y es por tanto modificada por mutaciones puntuales, inserciones y deleciones; ii) cambios, incluso menores, en la conformación del ADN de cadena sencilla pueden afectar a su movilidad en geles nativos de poliacrilamida. La técnica SSCP permite distinguir fragmentos de ADN (<300 pb) que difieren en tan sólo la sustitución de un par de bases entre varios cientos de bases.

Mejora mediante cruzamientos

Mejora clásica

Los primeros trabajos sistemáticos de mejora de la vid mediante cruzamientos se realizaron en Francia a finales del siglo pasado para luchar contra la filoxera y enfermedades fúngicas procedentes de América. La estrategia consistió en cruzar *Vitis vinifera* con distintas especies de *Vitis* americanas resistentes a dichas enfermedades. En la mayoría de los casos los híbridos, si bien ganaban en resistencia, perdían en aptitud para vinificación ya que los caracteres no deseados eran difíciles de eliminar mediante retrocruzamientos por ser de tipo poligénico y los parentales 'élite' altamente heterocigotos. Este hecho junto con la solución que supuso la utilización de patrones resistentes llevó a que los programas de mejora se abandonaran al poco tiempo de

haber comenzado. La mejora de la vid mediante cruzamientos intraespecíficos ha tenido mayor éxito, pero en el caso de las variedades para vinificación su desarrollo se ha visto frenado por la controversia sobre la calidad y uso de las nuevas variedades. Tal polémica no se basa según ALLEWELDT y POSSINGHAM (1988) en criterios objetivos, sino que sería más bien un debate que enfrenta la visión progresista y tradicionalista de la viticultura.

La mejora de la vid supone normalmente el cruzamiento de unos parentales altamente heterocigotos y la selección sobre la población resultante (*pseudotestcross population*) que segrega: i) 1:2:1 o 3:1 para caracteres co-dominantes y dominantes, respectivamente, presentes en heterocigosis en ambos parentales y ii) 1:1 para caracteres presentes en heterocigosis en un parental y en el otro como homocigótico recesivo. Los individuos seleccionados se mantienen mediante reproducción vegetativa. El proceso requiere bastante tiempo, es laborioso y caro por varios motivos. Primero, la vid presenta un periodo juvenil de 2 a 5 años que impide la selección temprana de los caracteres sólo observables en plantas adultas. Esto retrasa y encarece el proceso de selección haciendo impracticable trabajar, como sería deseable, sobre grandes poblaciones segregantes. Segundo, muchos de los carateres de interés, tales como forma de la baya y del racimo (SPIEGEL-ROY, 1980), momento de la maduración (SPIEGEL-ROY, 1981), resistencias horizontales a plagas como la filoxera, o enfermedades como oidio y mildiu (LODHI, 1994), son poligénicos. Por último, para algunos de los caracteres la variación del fenotipo que es atribuible a efectos genéticos no es alta (baja heredabilidad), por lo que el proceso de selección es poco eficiente (RIEMENSCHNEIDER *et al.*, 1988).

Etiquetado de genes

Si se dispone de marcadores moleculares ligados a genes de interés, el mejorador en lugar de seleccionar a través del fenotipo observable en campo lo haría en función del genotipo ('fenotipo molecular'). De esta forma, se puede acometer una selección temprana, se puede abordar con éxito la selección de caracteres poligénicos, y por último, se puede seleccionar incluso para caracteres de baja heredabilidad ya que la variación del fenotipo molecular es casi exclusivamente atribuible a efectos genéticos (RIEMENSCHNEIDER *et al.*, 1988).

Para que el etiquetado de genes de interés sea efectivo, es necesario que el marcador molecular y el gen no disten más de 5cM (MOORE y DURHAM, 1992). En general, esto es difícil de conseguir mediante la utilización de isoenzimas o de RFLPs, en el primer caso por el reducido número de marcadores disponibles y en el segundo por el elevado coste. En este sentido la utilización de técnicas PCR basadas en la utilización de cebadores arbitrarios resulta muy ventajosa, ya que proporciona un número virtualmente ilimitado de marcadores a un coste bajo. Como ocurre en otras leñosas (HORMAZA, 1996), en vid no se han desarrollado líneas casi isogénicas, por lo que el marcaje molecular de genes mayores se debe realizar mediante la estrategia denominada *bulked segregant analysis* BSA (MICHELMORE *et al.*, 1991). Con este procedimiento se han encontrado marcadores RAPD ligados al carácter apireno (STRIEM *et al.*, 1994). La detección de poligenes o QTL (*quantitative trait loci*) debe realizarse, en cambio, mediante otros métodos como el de mapeo por intervalos de marcadores adyacentes (LANDER y BOTSTEIN, 1989) en un mapa de ligamiento. Hasta ahora no se cuenta con un mapa genético para *Vitis vinifera* y sólo se

dispone de un mapa para *Cayuga White* (un híbrido complejo de *Vitis vinifera, V. labrusca, V. rupestris y V. aestivalis*) y otro para *Aurore* (híbrido complejo de *V. vinifera, V. rupestris y V. aestivalis*) (LODHI *et al.*, 1995a). Estos mapas fueron construidos a partir del estudio de una población resultante del cruce de dichas variedades. Se tuvieron en cuenta marcadores isoenzimáticos, RAPD y RFLP. Su análisis permitió la localización de QTLs para 34 caracteres vegetativos, reproductivos y de resistencia a enfermedades. La rapidez de obtención y bajo coste de los marcadores RAPDs permite saturar rápidamente los mapas. Su principal inconveniente es que no siempre es posible utilizar los marcadores RAPDs en otras poblaciones distintas a aquellas en las que fueron detectados por primera vez (LODHI *et al.*, 1995b). Los marcadores AFLP son especialmente interesantes para la saturación de mapas genéticos. En este caso, el costo unitario del ensayo es muy bajo ya que se aprovecha completamente la capacidad de los AFLP para analizar muchos *loci* simultáneamente. Además, la reproducibilidad de estos marcadores es generalmente superior a la de los RAPDs, pero al igual que con estos, se deben construir nuevos mapas con cada nuevo cruzamiento.

Es de esperar que en un breve plazo se disponga de poblaciones obtenidas del cruce *V. vinifera x V. vinifera* segregantes para caracteres de interés en nuestra viticultura. En lo que a uva de mesa respecta se han dado ya los primeros pasos (CENIS, comunicación personal).

En países como España, Italia o Francia en los que las variedades para vinificación tradicionales tienen gran arraigo, no hay apenas demanda de nuevas variedades ni de vinos con características novedosas. En estos casos, no tiene sentido la mejora mediante cruzamientos. La introducción de genes de interés, como resistencia a enfermedades y otros, debería hacerse sin alterar por lo demás las características del material a mejorar. La transformación genética via *Agrobacterium* o mediante 'bombardeo' de genes puede también ser de gran interés en el futuro (LE GALL *et al.*, 1994; MARTINELLI y MANDOLINO, 1994; KRASTANOVA *et al.*, 1995). La existencia de marcadores moleculares muy estrechamente ligados a los genes de interés puede ser de gran utilidad para su clonaje y para el seguimiento de los genes a insertar (MICHELMORE, 1995).

Relaciones genéticas entre las variedades

Unidades taxonómicas de Negrul

Para la clasificación de las variedades de vid, LEVADOUX (1956) recomienda utilizar las unidades taxonómicas propuestas en 1938 por NEGRUL, según el cual, las variedades que con un mismo origen geográfico, comparten caracteres ampelográficos y agronómicos, forman un 'sortotipo' o 'familia de variedades'. Cada 'sortotipo' está compuesto a su vez de 'sortogrupos', concepto similar al de variedad pero ampliado a los clones aparecidos por mutación somática. Los componentes de un 'sortogrupo' se distinguen generalmente por un carácter o un pequeño número de caracteres como ocurre por ejemplo entre *Pinot Noir, Pinot Gris, Pinot Blanc* y *Pinot Meunier.* Lamentablemente, falta un trabajo de agrupación de las variedades españolas utilizando estas unidades taxonómicas.

Isoenzimas y RFLPs

Se ha tratado de encontrar una base genética para las agrupaciones de Negrul me-

diante la utilización de distintos marcadores moleculares. Al estudiar proteínas de reserva o isoenzimas mediante un análisis de presencia-ausencia, la agrupación obtenida frecuentemente no se correspondía con la esperada en función del origen geográfico y la morfología de las variedades (BENIN *et al.,* 1988; SCIENZA *et al.,* 1994). Según estos autores, la falta de correlación quizá se deba a que se han estudiado muy pocos marcadores (entre 30 y 50 bandas según los casos), y sobre un número demasiado reducido de variedades. Por el contrario, mediante el análisis presencia-ausencia de 111 bandas RFLP, BOURQUÍN *et al.* (1993) encontraron, en general, una buena correspondencia con las agrupaciones derivadas de estudios ampelográficos clásicos. Como ocurría para la identificación de variedades, esta metodología es adecuada pero resulta cara y laboriosa.

Marcadores moleculares basados en la PCR

Mediante marcadores RAPDs, se han investigado las relaciones en el interior del grupo de variedades tipo "Riesling y del sortogrupo Pinot", no encontrándose una relación molecular entre la mayoría de los elementos del primer grupo pero sí del segundo (TSCHAMMER y ZYPRIAN, 1994). Se han estudiado, asimismo, las relaciones genéticas entre 12 variedades de vid antiguas pertenecientes a dos zonas de cultivo bastante alejadas dentro de España, Madrid y Pontevedra (MORENO, 1996; VIDAL, 1996). La mayoría de las variedades de cada zona de cultivo quedaron agrupadas. También este tipo de marcadores ha sido utilizado para estudiar las relaciones entre *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* (lambruscas) y variedades cultivadas (GRANDO *et al.,* 1995). En este caso no se han encontrado diferencias significativas entre los materiales silvestre y cultivado, lo que iría en favor del origen 'postcultural' (antiguas variedades que se han asilvestrado) o subespontáneo (material procedente de semilla de variedades cultivadas) de las lambruscas. Los resultados obtenidos en estos trabajos no aclaran si los RAPDs pueden proporcionar una explicación genética a las agrupaciones de Negrul. Sin embargo, aunque en ocasiones exista discrepancia entre las relaciones establecidas mediante datos morfológicos y datos RAPDs, ello no implica una menor calidad de estos últimos. Estas discrepancias podrían ser debidas a que los marcadores RAPDs permiten la exploración de regiones no codificantes y con ello el examen de la genética que no ha sufrido interferencia de la presión de selección (HAYMER, 1994).

Recientemente SENSI *et al.* (1996) han utilizado la técnica AFLP para el estudio de relaciones genéticas entre distintas accesiones de *Sangiovese* y *Colorino,* dos antiguos cultivares de vid originarios de Italia. En general, se ha encontrado que las distintas accesiones de cada cultivar quedan agrupadas pero, en algunos, accesiones correspondientes a la misma variedad presentan un grado de similitud molecular inferior al que presentan accesiones pertenecientes a distintas variedades. Según los citados autores esto puede ser debido a que probablemente *Sangiovese* y *Colorino* sean variedades cuya diversidad intravarietal es de origen sexual, aunque no hay que descartar que alguno de los materiales estudiados no pertenezcan (a pesar de su nombre) a ninguna de las dos variedades.

Hasta el momento sólo han sido caracterizados 9 *loci* microsatélite (THOMAS y SCOTT, 1993; BOWERS *et al.,* 1996), un número demasiado bajo para obtener una estimación no sesgada de las relaciones genéticas entre variedades. En el futuro, a medida

que este número aumente y el análisis se extienda a nuevas variedades, la acumulación en una única base de datos de los resultados obtenidos por distintos laboratorios, permitirá obtener una visión general de las relaciones genéticas del germoplasma cultivado mundialmente (BOWERS, *et al.*, 1996).

Conclusiones y perspectivas futuras

Es de esperar que la mayor parte de las más de 5.000 variedades de vid que existen en el mundo pueda ser caracterizada con fines de identificación mediante cualquiera de los marcadores PCR mencionados. No obstante, es posible que la utilización de STMS de cebadores largos y específicos se acabe imponiendo por su buena adecuación para el establecimiento de bases de datos internacionales y por la gran ventaja que supone la automatización del análisis cuando se estudian miles de muestras.

La utilización de marcadores moleculares en el proceso de selección clonal de vid puede tener en el futuro gran importancia. Ahora se están dando los primeros pasos en la caracterización de la variabilidad intravarietal en la vid. Una parte de esta variabilidad, probablemente aquella originada a partir de cruzamientos naturales, puede ser detectada fácilmente como RAPDs o mediante AFLPs. En cambio la variabilidad asociada a mutaciones que afectan a pocos *loci* no es fácilmente accesible a un análisis de *fingerprinting*. En este caso, la utilización de las llamadas *DNA screening techniques* y de las técnicas de enriquecimiento diferencial de ADN deberán ser consideradas en estudios futuros.

Factores culturales, económicos y técnicos han propiciado la selección clonal como principal método de mejora de la vid. En el futuro, la simplificación y abaratamiento de los métodos de selección (clonal o en poblaciones segregantes), por un lado, mediante la utilización de marcadores moleculares. Por otro, la posibilidad de clonaje e introducción de genes de interés procedentes de otras especies además de las exigencias derivadas de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente, probablemente, apuntarán nuevos caminos para la mejora de la vid. Para estos objetivos el 'etiquetado' de genes de interés sería el primer paso.

En general, las relaciones genéticas entre las variedades españolas y entre éstas y las cultivadas en otros países de tradición vitícola están todavía por determinar. Es un trabajo amplio y multidisciplinar en el que métodos PCR basados en la utilización de marcadores (RAPD, AFLP, etc.) pueden ser muy útiles para realizar una primera aproximación al problema. No obstante, en la medida en que nuevos *loci* microsatélite vayan siendo caracterizados, podrán ser utilizados para obtener una visión global de las relaciones entre las variedades de vid cultivadas en el mundo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a MT. Cervera y J M. Martínez (Dpto. Biología Molecular y Virología Vegetal, CIT-INIA) la revisión crítica y las valiosas sugerencias sobre el manuscrito, y a éstos y a J P. Martín (Dpto. Biología Vegetal, ETS Ingenieros Agrónomos de Madrid) y EM. Sánchez (Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, Murcia) el material gráfico cedido.

Durante la realización del trabajo SM ha disfrutado de una beca prodoctural de la Comunidad de Madrid.

Bibliografía

AHMEDULLAH, M. 1986. Pollen morphology of *Vitis cultivars us*ing scanning electron microscopy and the significante of pollen classification in grape improvement programme. 4th International Symposium on Grapevine Breeding, Vignevini.

ALTUBE H., CABELLO F. y ORTIZ J. 1991. Caracterización de variedades y portainjertos de vid mediante isoenzimas de los sarmientos. Vitis, 30, 203-212.

ALLEWELDT G. y POSSINGHAM J.V. 1988. Progress in grapevine breeding. Theor. Appl. Genet., 75, 669-673.

AYLIFFE M.A., LAWRENCE G.J., ELLIS J.G. y PRYOR A.J. 1994. Heteroduplex molecules formed between allelic sequences cause nonparental RAPD bands. Nucl. Res., 22, 1632-1636.

BACHMANN O. y BLAISCH R. 1988. Isoelectric focusing of grapevine peroxidases as a tool for ampelography. Vitis, 27, 147-155.

BEN SLIMANE M. y ASKRI F. 1990. La taille des grains de pollen comme moyen d'identification de souches de vignes tunisiennes. Bulletin de l'O.I.V., 717-718.

BENIN M., GASQUEZ J., MAHFOUDI A. y BESSIS R. 1988. Caractérisation biochimique des cépages de *Vitis vinifera* L. par électrophorèse d'isoenzymes foliaires: Essai de classification des variétés. Vitis, 27, 157-172.

BESSIS R., LENEUF N. y FOURNIOUX J.C. 1995. Bases de la tipicidad de los vinos. Investigación y Ciencia, febrero 95, 62-69.

BOTSTEIN D., WHITE R.L., SKOLNICK M. y DAVIS R.W. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. Am. J. Humman Genet. 32, 314-331.

BOTTA R., SCOTT N.S., EYNARD I. y THOMAS M.R. 1995. Evaluation of microsatellite sequence-tagged site markers for characterizing *Vitis vinifera* cultivars. Vitis, 34, 99-102.

BOURQUIN J.C., SONKO A., OTTEN L. y WALTER B. 1993. Restriction fragment length polymorphism and molecular taxonomy in *Vitis vinifera* L. Theor. Appl. Genet., 87, 431-438.

BOWERS J.E., BANDMAN E.B. y MEREDITH C.P. 1993. DNA fingerprint characterization of some wine grape cultivars. Am. J. Enol. Viticult, 44, 266-274.

BOWERS J.E., DANGI G.S., VIGNANI R. y MEREDITH C.P. 1996. Isolation and characterization of new polymorphic simple sequence repeat loci in grape (*Vitis vinifera* L.). Genome, 39, 628-6333.

BOWERS J.E. y MEREDITH C.P. 1994. Microsatellite length polymorphism within ancient wine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). The Second International Conference on the Plant Genome, San Diego, California.

CABELLO F. 1992. Caracterización de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.).de interés comercial en la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

CALÒ A., COSTACURTA A., CALÒ G. y PALUDETTI G. 1989. Suggestion of employment of isoenzimatic markers as cultivars discriminants in *Vitis vinifera*. Riv. Vit. Enol., 4, 3-8.

CIPRIANI G., FRAZZA G., PETERLUNGER E. y TESTOLIN R. 1994. Grapevine fingerprinting using microsatellite repeats. Vitis, 33, 211-215.

COLLINS G.G. y SYMONS R.H. 1993. Polymorphisms in grapevine DNA detected by the RAPD PCR technique. Plant Mol. Biol. Rep., 11, 105-112.

DAVIS T.M., YU H., HAIGIS K.M. y GOWAN MC. P.J. 1995. Template mixing: a method of enhacing detection and interpretation of codominant RAPD markers. Theor. Appl. Genet., 91, 582-588.

DETTWEILER E. 1991. Preliminar minimal descriptor list for grapevine varieties, Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Germany.

DOAZAN J.P. 1988. Le renouvellement des cépages. Science & Vie,1 56, 22-33.

FANIZZA G., INTRIERI C. y IODICE F. 1986. Diversity analysis for seed fatty acid composition in *Vitis vinifera*. 4th International Symposium on Grapevine Breeding, Vignevini.

GALET P. 1964. Cépages et Vignobles de France. Le Paysan du Midi, Montpellier.

GALET P. 1967. Recherches sur la méthode d'identification et classification des Vitacées des zones temperés. Thèse de doctorat, Ecole National Superieur d'Agriculture de Montpellier

GOGORCENA Y., ARULSEKAR S., DANDEKAR A.M. y PARFITT D.E. Molecular markers for grape characterization. Vitis, 32, 183-185.

GOGORCENA Y. y PARFITT D.E. 1994. Evaluation of RAPD marker consistency for detection of poly-

morphism in apricot. Sci. Hortic. Amsterdam, 59, 163-167.

GRANDO M.S., DEMICHELI L., BIASETTO L. y SCIENZA A. 1995. RAPD markers in wild and cultivated *Vitis vinifera*. Vitis, 34, 37-39.

GRODZICKER T., WILLIAMS J., SHARP P. y SAMBROOK J. 1974. Physical mapping of temperate-sensitive mutations of adenoviruses. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 39, 439-446.

HAYMER D.S. 1994. Random amplified polymorphic DNAs and microsatellites: What are they, and can they tell us anything we don't already know? Annals of the Entomological Society of America, 87, 717-722.

HIDALGO L. 1993. Tratado de viticultura general. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

HILL M., WITSENBOER H., ZABEAU M., VOS P., KESSELI R. y MICHELMORE R. 1996. PCR-based fingerprinting using AFLPs as a tool for studying genetic relationships in *Lactuca* ssp. Theor. Appl. Genet., 93, 1202-1210.

HORMAZA J.I. 1996. Marcadores de ADN aplicados a la mejora de frutales I.T.E.A., 92V, 5-15.

IGLESIAS L. y ROJAS R. 1992. Utilización del polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP) en los programas de mejoramiento genético de plantas. Cultivos Tropicales, 13, 74-89

JEAN-JAQUES I., DEFONTAINE A. y HALLET J.N. 1993. Characterization of *Vitis vinifera* cultivars by Random Amplified Polymorphic DNA markers. Vitis, 32, 189-190.

JEFFREYS A.J., WILSON V. y THEIN S.L. 1985. Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. Nature, 316, 76-79.

KASZAB L. 1976. Histological characterization of some grapevine cultivars based on studies of the ventral side of one year old shoots. Derteszeti Egyetem Kozlemenyei, 39, 409-418.

KOLLER B., LEHMANN A., MCDERMOTT J.M. y GESSLER C. 1993. Identification of apple cultivars using RAPD. Theor. Appl. Genet., 85, 901-904.

KRASTANOVA S., PERRIN M., BARBIER P., DEMANGEAT G., CORNUET P., BARDONNET N., OTTEN L., PINCK L. y WALTER B. 1995. Transformation of grapevine rootstocks with the coat protein gene of Grapevine Fanleaf Nepovirus. Plant Cell Reports, 14, 550-554.

LANDER E.S. y BOTSTEIN D. 1989. Maping mendelian factors underlying quantitative traits using RFLP linkage maps. Genetics, 121, 185-199.

LE GALL O., TORREGROSA L., DANGLOT Y., CANDRESSE T. y BOUQUET A. 1994. *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of grapevine somatic embryos and regeneration of transgenic plants expressing the coat protein of grapevine chrome mosaic nepovirus (GCMV). Plant Sci., 102, 161-170.

LESSA E.P. y APPLEBAUM G. 1993. Screening techniques for detecting allelic variation in DNA sequences. Mol. Ecol., 2, 119-129.

LEVADOUX L. 1956. Les populations sauvages et cultivées de *Vitis vinifera* L. Ann. Amélior. Plantes, 1, 59-118.

LISITSYN N., LISITSYN N. y WIGLER M. 1993. Cloning the differences between two complex genomes. Science, 259, 946-951.

LITT M. y LUTY J.A. 1989. A hypervariable microsatellite vealed by *in vitro* amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. Am. J. Human Genet., 44, 397-401.

LODHI M.A. 1994. Genetic mapping and genome analysis of grape (*Vitis* sp.). Dissertation, Cornell University.

LODHI M.A., DALY M.J., YE G.N., WEEDEN N.F. y REISCH B.I. 1995a. A molecular marker based linkage map of *Vitis*. Genome, 38, 786-794.

LODHI M.A., MORENO S., WEEDEN N.F. y REISCH B. 1995b. Detection of quantitative trait *loci* controlling important traits and characterization of RAPD markers *in Vitis*. Plant Genome III. The International Conference on the Status of Plant Genome Research, San Diego, California.

LU J., KNOX M.R., AMBROSE M.J., BROWN J.K.M. y ELLIS T.H.N. 1996. Comparative analysis of genetic diversity in pea assessed by RFLP-and PCR-based methods. Theor. Appl. Genet., 93, 1103-1111.

MARKERT C.L. y MOLLER F. 1959. Multiple forms of enzymes: tissue, ontogenetic and species specific patterns. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A, 45, 753-763.

MARTINELLI L. y MANDOLINO G. 1994. Genetic transformation and regeneration of transgenic plants in grapevine (*Vitis rupestris* S). Theor. Appl. Genet., 88, 621-628.

MCCLELLAND M., ARENSDORF H., CHENG R. y WESH J. 1994. Arbitrarily primed PCR fingerprints resolved on SSCP. Nucl. Acids Res., 22, 1770-1771.

MICHELMORE R., 1995. Molecular approaches to manipulation of disease resistence genes. Annu. Rev. Phytopathol., 15, 393-427.

MICHELMORE R.W., PARAN I. y KESSELI R.V. 1991. Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis. A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 88, 9828-9832.

MOORE G.A. y DURHAM R.E. 1992. Molecular markers. En: biotechnology of perennial fruit crops, pp. 105-139. F.A. hammerschlag y R.E. Litz (Ed.). CAB International.

MORENO S. 1996. Caracterización de Germoplasma de vid (*Vitis vinifera* L.) mediante marcadores moleculares. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

MORENO S., GOGORCENA Y. y ORTIZ J.M. 1995. The use of RAPD markers of identification of cultivated grapevine (*Vitis vinifera*) L.). Sci. Hortic. Amsterdam, 62, 237-243.

MUÑOZ ORGANERO G. 1995. Estudio comparativo de la fenología, maduración, y composición bioquímica del fruto en variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) cultivadas en la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

NEGRUL A.M. 1938. Evolucija Kuljturnyx form vinograda. Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R., XVIII, 585-588.

O.I.V., 1984. Código de los caracteres descriptivos de las variedades y especies de *Vitis*. Dedon, A, París.

ORITA M., IWAHANA H., KANAZAWA H., HAYASHI K. y SEKIYA T. 1989. Detection of polymorphisms of human DNA by gel electrophoresis and single-strand conformation polymorphisms. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 86, 2766-2770.

RAVAZ L. 1902. Les vignes américaines. Coulet et fils, Montpellier.

RIEMENSCHNEIDER D.E., HASSIG B.E. y BINGHAM E.T. 1988. Integrating biotechnology into woody plant breeding programs. En: Genetic manipulation of woody plants, pp. 433-449. K.D. Hanover (Ed.). Plenum Press, N.Y.

RIVES M. 1961. Bases génétiques de la sélection clonale chez la vigne. Ann. Amelior. Plantes, 11, 337-348.

ROHDE W. 1995. Genome analysis of *Cocos nucifera* L. PCR amplification of spacer sequences separating a subset of copia-like EcoRI repetitive element J. Genet. Breed, 49, 179-186.

ROSENBERG M., PRZYBYLSKA M. y STRAUS D. 1994. "RFLP subtraction": A method for making libraries of polymorphic markers. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 91, 6113-6117.

ROYO B., GONZÁLEZ J., LAQUIDAIN M.J. y LARUMBE M.P. 1989. Caracterización mediante análisis isoenzimático de la vinífera "Garnacha" (*Vitis vinifera* L.). Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal, 4, 343-354.

ROYO J.B., CABELLO F., MIRANDA S., GOGORCENA Y., GONZÁLEZ J., MORENO S., ITOIZ R. y ORTIZ J.M. 1997. The use of isoenzymes in characterization of grapevine (*Vitis vinifera* L.) influence of the environment and time of sampling. Sci. Hortic. Amsterdam, 69, 145-155.

SAIKI R.K., SCHARK S., FALOONA F., MULLIS K.B., HORN G.T., ERLICH H.A. y ARNHEIM N. 1985. Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. Science, 230, 1350-1354.

SCIENZA A., VILLA P., TEDESCO G., PARINI L., ETTORI C., MAGENES S. y GIANAZZA E. 1994. A chemotaxonomic investigation on *Vitis vinifera* L. II Comparison among ssp. *sativa* traditional cultivars and wild biotypes of ssp. *silvestris* from various Italian regions. Vitis, 33, 217-224.

SCOTT N. y THOMAS M. 1994. DNA typing of grapevines. A universal technology for identification, cultivar description and evaluation of genetic relatedness, CSIRO.

SCHWENNESEN J., MIELKE E.A. y WOLFE W.H. 1982. Identification of seedless table grape cultivars and a bud sport with berry isozymes. HortScience, 17, 366-368.

SENSI E., VIGNANI R., ROHDE W. y BIRICOLTI S. 1996. Characterization of genetic biodiversity eiht *Vitis vinfera* L. Sangiovese and Colorino genotypes by AFLP and ISTR DNA marker technology. Vitis, 35, 183-188.

SPIEGEL-ROY P. 1980. Genetics and breeding of almond and grape. Genetic Agraria, 4, 275-293.

SPIEGEL-ROY P., ASSAF R. y BARON I. 1981. Inheritance of some characters in progenies in *Vitis vinifera* (Dabouki and Alphonse Lavallee). 3rd International Symposium on Grape Breeding.

STAVRAKAKIS M. y LOUKAS M. 1983. The between - and within-grape-cultivars genetic variation. Sci. Hortic. Amsterdam, 19, 321-334.

STRIEM M.J., BENHAYYIM G. y SPIEGEL-ROY P. 1994. Developing molecular genetic markers for grape breding, using polymerase chain reaction procedures. Vitis, 33, 53-54.

STRIEM M.J., SPIEGEL-ROY P., BEN-HAYYIM G., BECKMANN J. y GIDONI D. 1990. Genomic DNA fingerprinting of *Vitis vinifera* by the use of multiloci probes. Vitis, 29, 223-227.

TANKSLEY S.D. 1983. Molecular markers in plant breeding. Plant Mol. Biol. Rep., 1, 3-8.

TANKSLEY S.D., YOUNG N.D., PATERSON A.H. y BONIERBALE M.W. 1989. RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. Bio/Technology, 7, 257-264.

THOMAS M.R. y SCOTT N.S. 1993. Microsatellite repeats in grapevine reveal DNA polymorphisms when analysed as sequence-tagged sites (STSs). Theor. Appl. Genet., 86, 985-990.

TRUEL P. 1990. Rôle des collections ampélographiques dans la sélection de la vigne. Progrès Agricole et Viticole, 107, 255-257.

TSCHAMMER J. y ZYPRIAN E. 1994. Molecular characterization of grapevine cultivars of Riesling-type and of closely related Burgundies. Vitis, 33, 249-250.

VIALA P. y VERMOREL V. 1901-1910. Ampélographie. Masson et Cie, Paris.

VIDAL J.R. 1996. Caracterización bioquímica de las variedades blancas de vid (*Vitis vinifera* L.) cultivadas en la denominación de origen 'Rías Baixas'. Tesis Doctoral, Universidade de Santiago de Compostela.

VOS P., HOGERS R., BLEEKER M.,REIJANS M., VAN DE LEE T., HORNES M., FRIJTERS A., POT J., PELEMAN J., KUIPER M. y ZABEAU M. 1995. AFLP: A new technique for DNA fingerprinting. Nucl. Acids Res., 23, 4407-4414.

WEISING K., NYBOM H., WOLFF K. y MEYER W. 1995. DNA. fingerprinting in plants and fungi. ed. Boca Ratón, Florida. CRC Press, Inc.

WEBER J.L. y MAY P.E. 1989. Abundant class of human DNA polymorphisms wich can be typed using the polymerase chain reaction. Am. J. Human Genet, 44, 388-396.

WELSH J. y MCCLELLAND M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucl. Acids Res., 18. 7213-7218.

WILDE J., WAUGH R. y POWELL V. 1992. Genetic fingerprinting of *Theobroma* clones using randonly amplified polymorphic DNA markers. Theor. Appl. Genet., 83, 871-877.

WILLIAMS J.G.K., KUBELIK A.R., LIVAK K.J. RAFALSKI J.A. y TINGEY S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as markers. Nucl. Acids Res., 18, 6531-6535.

WOLFE W.H. 1976. Identification of grape varieties by isozyme banding patterns. Am. J. Enol. Viticult., 27, 68-73.

WOLFF K., ZIETKIEWICZ E. y HOFSTRA H. 1995. Identification of Chrysanthemum cultivars and stability of DNA fingerprint patterns. Theor. Appl. Genet., 91, 439-447.

YE G.N., HEMMAT M., LODHI M.A., WEEDEN N.F. y REISCH B.I. 1996. Long primers for RAPD mapping and fingerprinting of grape and pear. Biotechniques, 20, 368-371.

ZABEAU M. y VOS P. 1993. European Patent Application, publication number EP 0 534 858 A1.

ZIETKIEWICZ E., RAFALSKI A. y LABUDA D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)- anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics, 20, 176-183.

(Aceptado para publicación el 17 de julio de 1997)

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 3, 156-163

IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA CENICILLA DEL MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

V. Hernández Heranandez
P. Cano Ríos

Campo Experimental La Laguna
Centro Regional de Norte-Centro
Apartado Postal 247
27000 Torreón, Coahuila
México

RESUMEN

La cenicilla es una de las principales enfermedades del melón en México y en la Comarca Lagunera, ya que puede ocasionar pérdidas en rendimiento hasta del 50%.

La presente investigación se llevó a efecto bajo los siguientes objetivos: identificar al hongo causante de la cenicilla del melón y determinar si el hongo tiene razas fisiológicas en la Comarca Lagunera.

Las colectas de inóculo se hicieron tomando muestras directamente del campo en las principales áreas meloneras de la región. El inóculo fue conservado en plantas de melón variedad Top Mark, la cual es susceptible a esta enfermedad. En la identificación del agente causal, fueron consideradas tres características morfológicas que corresponden a la fase asexual del hongo, siendo éstas: producción o no de conidios en cadena, presencia o no de cuerpos fibrosos en los conidios y germinación simple o bifurcada de conidios.

Se observaron conidióforos simples, no ramificados, hialinos, erectos, relativamente cortos, con varios conidios en cadena. El número de conidios por conidióforo fue variable, de 7 a 11. Los conidios observados fueron hialinos, elipsoidales, todos presentaron cuerpos fibrosos cilíndricos, rectos o curvos. La germinación de conidios fue relativamente baja, ya que de 1.163 conidios observados, germinaron 72 y de éstos, 70 fueron de germinación simple y 2 de germinación bifurcada. Las características arriba señaladas corresponden a *Sphaerotheca fuliginea.*

Considerando todo lo anterior, se concluye que el agente causal de la cenicilla en la Comarca Lagunera es *S. fuliginea.* La susceptibilidad a cenicilla de Top-Mark y PMR-45 y la resistencia de PMR-6 y Edisto 47 al inóculo colectado en el campo, permite concluir que la raza presente en la población es la raza 2, sin descartar la posible presencia de la raza 1, ya que no se cuenta con un genotipo que sea resistente a la raza 2 y susceptible a la raza 1. La raza 2, se encuentra presente en todos los campos de melón muestreados de la Comarca Lagunera.

Palabras clave: Cenicilla, Oídio, *Cucumis melo* L., Agente causal, Razas fisilógicas, *Sphaerotheca fuliginea.*

SUMMARY
IDENTIFICATION OF THE CAUSAL AGENT OF POWDERY MILDEW OF CANTALOUPE (*Cucumis melo* L.) IN THE COMARCA LAGUNERA

Powdery mildew is one of the main diseases of cantaloupe in México and in the Comarca Lagunera, since it can cause losses in yield up to 50%.

The objectives of the present work were: the identification of the fungus which causes powdery mildew in cantaloupe and to determine if this fungus has physilogical races in the Comarca Lagunera.

Inoculum collection was done by direct samplig in the field, in the main cantaloupe production areas of the Comarca lagunera. The inoculum was kept in plants of the cantaloupe variety Top Mark, which is susceptible to this disease. In the identification of the causal agent, three morphological characteristics of the asexual phase of the fungus were taken into account: the production or not of conida in chains, presence or absence of fibrosin bodies in the conidium and the germination of the conidium (simple or bifurcate).

Some simple conidiophores not branched were observed, they were hyaline, erect, relatively short with several conida in chains. The number of conidia varied from 7 to 11 with an average of 8 conidia by conidiophore. The conidia were hyaline, elliptical and all of them presented cylindric fiber bodies, which were straight or curved. The germination of the conidia was relatively low, since only 72 conidia germinated out of 1.163. Out of these 72 germinated conidia only 2 had a bifurcated germination. The above observed characteristics are typically of *Sphaerotheca fuliginea,* therfore it is concluded that the causal agent of powdery mildew in the Comarca Lagunera is *Sphaerotheca fuliginea.* Since Top Mark and PMR-45 were susceptible and PMR-6 and Edisto 47 were resistant to the inocolum collected in the field, it is possible to conclude that race 2 is present in the area. Since there is not a genotype resistant to race 2 and susceptible to race 1, it is not possible to assure that race 1 is not present in the area. Race 2 is present in all the sampled cantaloupe fields of the Comarca Lagunera.

KEY WORDS: Powdery mildew, Oidio, *Cucumis melo* L., Causal agent, Physylogical races, *Sphaerotheca fuliginea.*

Introducción

Una de las principales enfermedades que afectan al cultivo de melón en México es la cenicilla, causada por un hongo. Los síntomas de la enfermedad consisten en manchas de polvillo blanco que se presentan en las hojas, el tallo y las guías. Como consecuencia del ataque, las hojas se tornan amarillas y se secan, afectando el área foliar y por ende el rendimiento.

Para desarrollar alternativas de control contra la enfermedad, principalmente para la formación de variedades resistentes, es indispensable identificar plenamente al agente causal. Los hongos más importantes que se han identificado como agentes causales de la cenicilla del melón son: *Erysighe cichoracearum* DC ex Merat y *Sphae-*

rotheca fuliginea (Schlecht. ex Fr.) Poll. (REIFSCHNEIDER *et al.*, 1985).

Ambas especies pueden distinguirse con relativa facilidad una de otra en el estado perfecto, mediante el número de ascas en el cleistotecio, ya que *S. fuliginea* produce solo una asca, mientras que *E. cichoracearum* produce varias (ALEXOPOULOS 1962; YARWOOD, 1973). Desafortunadamente, en la naturaleza por lo común se observa sólo la fase asexual.

En México se ha considerado como un hecho que la especie causante de la cenicilla es *E. cichoracearum.* No obstante, no se ha llevado a cabo ningún trabajo para su identificación probablemente porque sólo se ha encontrado la fase conidial del hongo. En Estados Unidos, Francia y Brasil, se ha identificado a *S. fuliginea* como el agente causal de la cenicilla, tomando en cuenta tres características morfológicas del estado imperfecto que son: producción de conidios en cadena, formación de cuerpos fibrosos cilíndricos o cónicos en los conidios y la presencia de tubos germinativos bifurcados (MCCREIGHT *et al.*, 1987). Estas características ya han sido previamente utilizadas para la identificación de los hongos causantes de la cenicilla (YARWOOD, 1973).

Hasta el momento no existen informes publicados sobre la existencia de razas fisiológicas de *E. cichoracearum.* En el caso de *S. fuliginea,* se han detectado tres razas fisiológicas, denominadas de manera consecutiva como raza 1, raza 2, y raza 3. Los genotipos PI-79374, PI-124111 y PI-134198 son las principales fuentes de resistencia al hongo. Algunas variedades comerciales con resistencia a ciertas razas son: PMR-6 a las razas 1 y 2; PMR-45 con resistencia a la raza 1, y Seminole con resistencia a la raza 2 (MCCREIGHT *et al.*, 1987; SITTERLY 1972). En México, no se cuenta con información acerca de las razas fisiológicas del patógeno causante de la cenicilla.

El presente trabajo se realizó con el propósito de aclarar los anteriores aspectos en relación con el patógeno bajo los siguientes objetivos: Identificar el hongo causante de la cenicilla del melón y determinar la presencia de posibles razas fisiológicas del agente causal de la cenicilla en la Comarca Lagunera.

Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental la Laguna (CELALA) y en el Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias Relación-Agua-Suelo-Planta (CENID-RASPA) ambos ubicados en la Región Lagunera bajo condiciones de invernadero, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano de 1992. La Región Lagunera se encuentra localizada a 25°32' de longitud norte y 103°14' de longitud oeste del meridiano de Greenwich con una altura de 1.120 metros sobre el nivel del mar (GARCÍA, 1973).

Para desarrollar el trabajo, se efectuaron una serie de actividades, siendo éstas las que a continuación se describen:

Siembra y manejo de la planta

Como material para el crecimiento de las plantas se utilizó arena fina de río esterilizada con bromuro de metilo. Dicha arena se deposito en bolsas de polietileno con capacidad de 20 kg, lugar donde se efectúo la siembra del material genético; el riego se efectúo diariamente con una solución nutritiva.

Identificación del patógeno

El inóculo del patógeno se colectó de hojas de melón que fueron infectadas en forma natural. Directamente del campo, se colectaron muestras del hongo de las principales áreas meloneras de la Región Lagunera: Matamoros, y Viesca en el estado de Coahuila. Así como en Bermejillo, Gómez Palacio y Tlahualilo, en el estado de Durango. Las colecciones consistieron principalmente de conidióforos y conidios del hongo, siendo estas estructuras inoculadas artificialmente sobre plantas de melón de la variedad Top Mark en el invernadero para conservar al patógeno. La inoculación se llevó a efecto depositando los conidios de las hojas colectadas en el campo sobre las hojas cotiledonales de las plantas sanas de melón. Cada muestra tomada por región se inoculó sobre tres plantas de melón que fueron aisladas.

La identificación del patógeno se llevó a cabo considerando únicamente tres características morfológicas de la fase asexual del hongo: producción de conidios individuales aislados o en cadena, ausencia o presencia de cuerpos fibrosos granulares, cilíndricos o cónicos en los conidios y germinación de los conidios mediante un tubo germinativo simple o bifurcado (MCREIGHT *et al.*, 1987). Para observar esta característica se utilizó únicamente el inóculo de Matamoros, Coah. A los 10 días de establecida la infección en el melón en el invernadero, se transfirieron conidióforos y conidios a portaobjetos que contenían una solución de 5 ppm de eosina amarilla disuelta en agua destilada estéril. Las estructuras fructíferas se mantuvieron en eosina por 10 minutos antes de ser observadas al microscopio óptico para tratar de detectar los cuerpos fibrosos. Se hicieron observaciones sobre nidióforos y conidios.

Los conidios se transfirieron a una película de agua-agar al 1% en un portaobjetos esterilizado y luego se incubaron por 10 a 16 horas a una temperatura de 20-24°C. Después de este período de tiempo, se observaron 1.163 conidios, buscando la presencia de tubo germinativo simple o bifurcado.

Determinación de razas fisiológicas

Para la determinación de razas fisiológicas se utilizó el inóculo colectado de las cinco áreas de la Comarca Lagunera (Bermejillo, Dgo., Tlahualilo, Dgo., Gómez Palacio, Dgo., Matamoros, Coah., y Viesca, Coah.) también se emplearon los genotipos de melón Top Mark, susceptible a todas las razas; PMR-45 resistente a la raza 1; PMR-6 resistente a la raza 1 y 2; PI 124111 y PI 124112 resistente a todas las razas; 100 WMR-29 y Edisto 47 con resistencia a la raza 1 y 2 (Cuadro 1).

La inoculación con el inóculo proveniente de las diferentes localidades se llevó a cabo en invernadero. Dichas inoculaciones en las plantas diferenciales (10 /genotipo) se realizaron al aparecer las primeras hojas verdaderas y se repitieron cada 10 días hasta la aparición de síntomas o hasta la maduración del fruto. Las inoculaciones se hicieron poniendo en contacto una hoja que contenía conidióforos y conidios sobre las hojas de las variedades diferenciales para depositar sobre ellas las estructuras reproductoras del hongo. Al final, se registró el número de plantas con cenicilla.

Resultados y discusión

Colección y conservación de inóculo

Las tres plantas de la variedad Top Mark inoculadas en el invernadero con inóculo

CUADRO 1
GENOTIPOS DIFERENCIALES Y SUS REACCIONES A LAS DIFERENTES RAZAS FISIÓLOGICAS DE *Sphaerotheca fuliginea* ASÍ COMO LOS GENES QUE CONDICIONAN LA RESISTENCIA A ESTE PATÓGENO. 1992
TABLE 1
DIFFERENTIAL POWDERY MILDEW CANTALOUPE GENOTYPES AND THEIR REACTIONS TO DIFFERENT PHYSIOLOGICAL RACES OF Sphaerotheca fuliginea AND THE GENES THAT CONDITION RESISTANCE TO THIS PATHOGEN. 1992

Genotipo diferencial	Reacción a las razas			Genes de resistencia
	1	2	3	
Top Mark	S	S	S	0
PMR-45	R	S	S	(Pm- 1)[a]
PMR-6	R	R	S	(Pm-1, Pm-2)[a]
Edisto 47	R	R	S	(Pm-4, Pm 5)[b]
18 100 WMR-29	R	R	S	(Efg)[c]
PI 124111	R	R	R	(Pm-3[b], Pm-6)[d]
PI 124112	R	R	R	(Pm-4, Pm-5)[b]

R= Resistente a la cenicilla S= Susceptible
a=BOHN y WHITAKER, 1964; b=HARWOOD y MARKARIAN, 1968; c=MCCREIGHT *et al.*, 1987; d=KENIGSBUCH y COHEN, 1989.

proveniente del campo de las diferentes localidades presentaron síntomas de la enfermedad a los 8 días después de la inoculación y las estructuras del hongo ahí formadas fueron las que se usaron posteriormente en el trabajo.

Morfología de conidióforos y conidios

El micelio y las estructuras fructíferas del patógeno se formaron superficialmente sobre el hospedante. Se observaron conidióforos simples, no ramificados, hialinos, erectos, relativamente cortos, con varios conidios en cadena.

El número de conidios por conidióforo fue variable, fluctuando de 7 a 11 considerando tanto los conidios maduros como los que se encontraban en formación. La mayoría del total de los conidióforos observados, el 63% presentaron 8 conidios en cadena. Esto no significa que en general, el número total de conidios por conidióforo sea de 8, dado que se observó que los conidios se desprenden fácilmente y que algunos conidióforos continúan produciendo conidios. No existen publicaciones donde se especifique el número total de conidios por conidióforo, sin embargo, no queda duda de la presencia de una cadena larga de conidios producidos en forma basipétala. Esta característica, la formación externa del micelio sobre el hospedante y las estructuras fructíferas corresponden al tipo *Oidium*, lo cual limita al estado perfecto a dos especies: *E. cichoracearum* y *S. fuliginea;* estos resultados coinciden con los reportados en Brasil (REIFSCHNEIDER *et al.*, 1985).

Los conidios observados fueron hialinos, elipsoidales, conteniendo numerosas vacuolas de agua fácilmente visibles al microscopio. Todos los conidios presentaron cuerpos fibrosos, cilíndricos, erectos o curvos.

La presencia de cuerpos fibrosos es una característica de *Sphaerotheca fuliginea* y *Podosphaera* así como de algunas especies de *Uncinula,* pero no de *Erysighe* (YARWOOD, 1973). Los géneros *Podosphaera* y *Uncinula* no atacan a cucurbitáceas, de modo que los resultados indican la presencia de *S. ffiliginea* y no de *E. cichoracearum* como causante de la cenicilla del melón en la Comarca Lagunera.

Características del tubo germinativo

En lo que respecta a la germinación de los conidios, ésta fue relativamente baja, ya que de 1.163 conidios observados, germinaron 72 lo que representa el 6,19% del total. La germinación mediante tubo germinativo bifurcado solo se observó en dos conidios, lo cual no es raro, ya que la frecuencia de este tipo de germinación es baja según se reporta en otros lugares (REIFSCHNEIDER *et al.*, 1985). La presencia de tubos germinativos bifurcados es una característica exclusiva de *S. fuliginea* de modo que esto refuerza la identificación de este patógeno como causante de la cenicilla del melón en la Comarca Lagunera.

Considerando las características mencionadas del estado conidial, dado que las estructuras sexuales raramente se encuentran, se concluye que el agente causal de la cenicilla del melón en la Laguna es *S. fuliginea* y no *E. cichoracearum* como tradicionalmente se ha venido mencionando. De la fase conidial, las características constantemente observadas fueron la producción de conidios en cadena y la presencia de cuerpos fibrosos en el conidio, siendo precisamente esta última, la que puede considerarse como determinante para la separación entre *S. fuliginea* y *E. cichoracearum* ya que en los casos en los que se ha encontrado la fase sexual de S. fuliginea, ha estado asociada a conidios con cuerpos fibrosos (GRAND, 1987).

Dado que la reacción de los genotipos diferenciales al patógeno colectado en las diferentes áreas fue similar, solo se discutirán los resultados de la localidad de Bermejillo, Dgo., cuando sea necesario, se hará referencia a las otras localidades.

El inóculo procedente de Bermejillo, Dgo. reaccionó de acuerdo al Cuadro 2, en el cual se observa que la reacción de Top Mark fue de susceptibilidad, debido a que este genotipo no tiene genes de resistencia y, consecuentemente, la reacción puede ser causada por cualquiera de las razas ya conocidas. La reacción de susceptibilidad de PMR-45 indica la posible presencia de las razas 2 y/o 3, ya que esta variedad sólo tiene genes de resistencia a la raza 1. La reacción de resistencia de PMR-6 indica que no está presente la raza 3, lo cual se confirma con la reacción de resistencia de Edisto 47, pues tanto PRM-6 como Edisto 47 sólo tienen genes de resistencia a las razas 1 y 2 y de haber estado presente la raza 3 su reacción habría sido de susceptibilidad. La reacción de susceptibilidad de 18 100 WMR-29 indicaría la posible presencia de la raza 3, ya que este genotipo tiene genes de resistencia a las razas 1 y 2. Sin embargo, las reacciones de PRM-6 y Edisto 47 indican que la raza 3 no está presente, por lo que la reacción de la 18 100 WMR-29 puede atribuirse posiblemente al hecho de que este genotipo no es homocigote para los genes complementarios de resistencia a

CUADRO 2
IDENTIFICACIÓN DE RAZAS FISIOLÓGICAS DE *S. fuliginea* CON INÓCULO DE BERMEJILLO, Dgo., 1992
TABLE 2
IDENTIFICATION OF THE PHYSIOLOGICAL RACES OF S. fuliginea WITH THE BERMEJILLO Dgo INOCULUM. 1992

Genotipo diferencial	* Reacción a *S. fuliginea*	Posibles razas fisiológicas		
Top Mark	S	1	2	3
PMR-45	S		2	3
PMR-6	R	1	2	
Edisto	R	1	2	
18 100 WMR-29	S			3
PI 124111	R	1	2	3
PI 124112	?	–	–	–

* R = Resistente, S = Susceptible, ? = Mitad de la población fue resistente y la otra mitad fue susceptible.

la raza 2, es decir se usó una población segregante del genotipo.

La reacción de resistencia de PI 124111 con genes de resistencia a las tres razas indica que no estaba presente otra raza además de las ya conocidas e identificadas. La reacción de PI 124112 en donde la mitad de la población de plantas fue susceptible y la otra mitad resistente puede atribuirse al mismo hecho señalado anteriormente para 18 100 WMR-29. Así se puede concluir que en la zona de Bermejillo, Dgo., se encontraba presente la raza 2 del patógeno.

De acuerdo a las reacciones observadas en los genotipos Top Mark, PMR-45, PMR-6 y Edisto 47, es evidente que en las cinco localidades se encontraba presente la raza 2 del patógeno. Esto representa una prueba más de que el hongo causante de cenicilla es *S. fuliginea,* ya que para este patógeno, se ha consignado la presencia de razas fisiológicas, no así para *E. cichoracearum.*

Conclusiones

Los conidios del patógeno fueron hialinos, elipsoidales, y presentaron cuerpos fibrosos, cilíndricos, rectos o curvos. La presencia de cuerpos fibroso, es una característica de *Sphaerotheca fuliginea, Podosphaera* y de algunas especies de *Uncinula,* pero no de *Erysiphe.*

Tomando en consideración los aspectos arriba mencionados, además de que los géneros de *Podosphaera* y *Uncinula* no atacan a cucurbitáceas y que el patógeno produce una larga cadena de conidios, y tubo germinativo bifurcado se concluye que:

1. El agente causal de la cenicilla del melón en la Comarca Lagunera, es *Sphaerotheca fuliginea.*

2. La raza 2 se encuentra distribuida en todas las localidades meloneras muestreadas de la Comarca Lagunera.

Bibliografía

ALEXOPOULOS C. J., 1962. Introductory micology. 2nd. ed. John Wiley and Sons, Inc. New York 613 pp.

BOHN G. W. and T. W. WHITAKER., 1964. Genetics of resistance to powdery mildew roce 2 in muskmelon. Phytopahology 54:587- 591.

GARCÍA E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. México, p. 87.

GRAND L. F., 1987. Perithencia of Sphaerotheca fuliginea on cucurbits in North Amerita Plant. Disease 71:761.

HARWOOD R. R. and T. W. WHITAKER., 1968. A genetic survey of resistance to powdery mildew. Journal of Heredity 59:213-217

KENIGSBUCH D. and Y. COHEN., 1989. Independant inheritance of resistance to roce I and 2 of Sphaerotheca fuliginea in muskmelon. Plant Disease 73: 206-208.

MCCREIGHT J., M. PITRAT, C. E. THOMAS, A. N. KISHABA and G. W. BOHN., 1987. Powdery mildew resistance genes in muskmelon. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:156-160.

REIFSCHNEIDER F. J. B., L. S. BOITEUX and E. M. OCCHIENA., 1985. Powdery mildew of melon (Cucumis nielo L.) causad by Sphaerotheca faliginea in Brasil. Plant Disease 69:1069-1070.

SITTERLY W., 1972. Breeding for resistence in cucurbits. Ann. Rev. Phytopathology 10:490-491.

SPRAGUE R., 1955. A re-study of apple powdery mildew in eastern Washington. Wash. Agr. Exp. Stat. Bul. 560. 22 pág.

YARWOOD C., 1973. Pyrenomycetes: Erisiphales. In Ainswort G. Sparrow, F., Sussman, A. Ed. 1973. The fungí. An advanced treatise. Vol. IVA A. Taxonomic review with keys: Ascomycetes and fungí imperfect: 621-pp. 71-86.

(Aceptado para publicación el 22 de septiembre de 1997)

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 3, 164-176

EL CONCEPTO DEL IDEOTIPO EN LA MEJORA DE CULTIVARES DE ALMENDRO

R. Socias i Company*
A.J. Felipe*
J. Gómez Aparisi*
J.E. García**
F. Dicenta**

* Unidad de Fruticultura
SIA-DGA
Apartado 727, 50080 Zaragoza

** Departamento de Mejora y Patología Vegetal
CEBAS-CSIC
Apartado 4195, 30080 Murcia

RESUMEN

La mejora genética frutal persigue la creación de nuevos cultivares que, con sus características, resuelvan los problemas que los actuales cultivares presentan. Para ello hay que definir los problemas y establecer unos objetivos a alcanzar con el fin de resolver estos problemas de cultivo. En el caso del almendro se han pretendido establecer las características que debería reunir el cultivar ideal, tanto en lo que se refiere a la calidad del fruto como a las características agronómicas, que pueden ser relacionadas con el clima (adaptabilidad a la zona de cultivo), fitopatológicas (resistencias a plagas y enfermedades), vegetativas (crecimiento y ramificación que faciliten el manejo de la plantación), reproductivas (que aseguren una producción elevada y constante) y fisiológicas (que aseguren esta capacidad reproductiva).

Palabras clave: Almendro, Cultivares, Mejora, *Prunus amygdalus* Batsch.

SUMMARY
THE IDEOTYPE CONCEPT IN ALMOND BREEDING

Fruit breeding pursues the creation of new cultivars differing from the present ones by improved characteristics solving the actual growing shortcomings. Thus, the objectives of any breeding program have to be defined taking into account the problems to be solved. In almond, the traits of an ideal variety have to cover the requirements of fruit quality as well as those of the growing characteristics of the tree. These late traits include those related to climate (adaptation to the growing region), to phytopathology (resistance to pests and diseases), to vegetation (growth and branching facilitating the orchard management), to reproduction (ensuring a high and constant yield) and to physiology (ensuring this reproductive ability).

Key words: Almond, Breeding, Cultivars, *Prunus amygdalus* Batsch.

Introducción

La mejora genética vegetal consiste, básicamente, en la creación y búsqueda de nuevos cultivares que posean unas características más favorables que los actualmente cultivados y, por tanto, capaces de resolver los problemas que éstos presentan en su cultivo, en su comercialización y/o en su procesamiento industrial posterior. Históricamente, este proceso ya se inició cuando los primeros agricultores empezaron a seleccionar como parentales de su siguiente generación de plantas aquéllas que más les satisfacían desde el punto de vista productivo. Hoy la mejora genética, con unos conocimientos más precisos y unas bases científicas más amplias, debe seguir el mismo proceso de seleccionar unos parentales para conseguir nuevos cultivares que superen a los genitores, en la dirección de alcanzar un cultivar ideal que, teóricamente, no debería presentar problemas en su cultivo ni en la utilización posterior de sus frutos, en las condiciones para las que se ha llevado a cabo su selección. Esto es especialmente importante pues el comportamiento de este material es el resultado de la interacción del genotipo con el ambiente, y esta interacción es variable de la misma manera que lo es el ambiente.

Por ello, cualquier programa de mejora genética se establece teniendo en cuenta un conocimiento preciso de las limitaciones del cultivo de los distintos cultivares, y de las posibilidades que el germoplasma de la propia especie y de las especies vecinas ofrecen para superar estas limitaciones (KESTER *et al.*, 1990; SOCIAS I COMPANY y FELIPE 1992). En el caso del almendro, se ha procedido de esta forma desde el inicio de los diferentes programas de mejora (FELIPE y SOCIAS I COMPANY, 1985; GARCÍA *et al.*, 1985, 1996; GRASSELLY, 1984; KESTER y GRADZIEL, 1996), por lo que originariamente ya se definieron una serie de objetivos, con una diferente gradación en su inmediatez: prioritarios, importantes y deseables, según la urgencia con la que se considerase la resolución de un problema concreto del cultivo del almendro (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1987a).

Es muy difícil definir un cultivar ideal para todas las circunstancias, siendo más aconsejable hacerlo para una situación concreta. A pesar de ello, ha habido intentos de definir un cultivar ideal, y así se ha establecido en cada programa de mejora bien estructurado, conscientes de las posibilidades de la especie y de las necesidades del sector. Por ello, este concepto tiene un componente dinámico, variable a medida que se profundiza en el conocimiento de los distintos aspectos y su posible resolución.

El concepto de ideotipo

En muchos casos se ha tratado de definir de una manera exhaustiva y racional todos los caracteres básicos que debe reunir un cultivar en una especie determinada, y así se llegó a definir el "ideotipo" de una especie por DONALD (1968) en cereales, con la idea de que "es un modelo de planta que se espera que produzca un producto útil en mayor cantidad o de mejor calidad cuando se desarrolle como cultivar". Este modelo se basa en un concepto global de la mejora genética, que no se limita a un conjunto de caracteres deseables, sino al conjunto de la planta. Evidentemente no se trataba de un concepto nuevo, pero sí, quizás, de una presentación nueva de este concepto.

Durante muchos años, la idea del ideotipo en la mejora genética vegetal se limitó a su aplicación a plantas herbáceas. En el campo

de los cultivos leñosos, fue en el sector forestal en el que se intentó definir por primera vez el ideotipo de un árbol por DICKMANN (1985), que llegó a considerar un árbol modelo cuya producción económica se acercaría al máximo en un ambiente particular (o en una cierta localización), aplicando unas determinadas técnicas culturales y admitiendo un uso final bien definido para el producto que se cosecha. Evidentemente, en el caso del almendro la idea de acercarse al máximo de la producción irá dirigida a la producción de pepita de calidad, aunque puedan existir productos secundarios que en algunos casos se puedan tener en cuenta, si bien su importancia económica sea mucho menor. Así mismo, el concepto "calidad" es muy relativo según el destino de la producción: peladillas, turrones, mazapanes, harinas, leches, cosméticos..., por lo que constituye una variable más a considerar en el proceso de evaluación de un determinado cultivar.

El propio DICKMANN (DICKMANN *et al.*, 1994) extendió el concepto del ideotipo a los cultivos leñosos en general, si bien reconociendo que la aplicación de este concepto en los programas de mejora es totalmente lógico, aunque se hayan publicado pocos ideotipos. Evidentemente los ideotipos se han formulado más o menos explícitamente al plantear un programa, como ya se ha expuesto previamente en la definición de un cultivar ideal del almendro. Desde el punto de vista del concepto de "ideotipo", queremos ampliar esta definición y exponerla en el conjunto del cultivo del almendro, siguiendo las pautas globales expresadas por DICKMANN *et al.* (1994).

El ideotipo del almendro

En el Cuadro 1 se enumeran las diferentes características deseables en un cultivar tanto en sus aspectos morfológicos como de crecimiento y de desarrollo, finalizando con los fisiológicos. En principio, hay algunas características que deben ser consideradas válidas para todas las condiciones de cultivo, como es la calidad del fruto, pero hay otras, como la época de floración por la posible incidencia de las heladas, que pueden variar según la zona de cultivo. Por ello en algunas características se ha dispuesto de una doble columna con el fin de diferenciar las conveniencias en las distintas zonas, que intentaremos explicar en cada caso.

Calidad del fruto

Calidad organoléptica

Dentro de la calidad del fruto se pueden distinguir varios aspectos, siendo el más importante el del amargor de la pepita. En almendro encontramos tres tipos diferentes de semillas para este carácter. Además de las pepitas "dulces" y "amargas" existe otro grupo de ellas que han sido clasificadas como "ligeramente amargas" (DICENTA y GARCÍA, 1993). Tal es el caso de las semillas de los cultivares 'Garrigues' y 'Texas'. En general en el comercio se requieren pepitas dulces, pero para algunos usos (ciertos tipos de pastas) se pide la presencia de un ligero amargor, por lo que tampoco se deben descartar totalmente los clones productores de almendras ligeramente amargas. Por otra parte, las pepitas que presentan un ligero amargor pueden perderlo al ser tostadas, adquiriendo un sabor especialmente agradable.

Otra característica es el sabor general de la pepita. Tradicionalmente se ha considerado que los cultivares de los países medi-

CUADRO 1
IDEOTIPO DEL ALMENDRO

Calidad del fruto

Calidad organoléptica: sabor (sin amargor), composición química, aptitud a las transformaciones industriales.
Tamaño y forma (más de 1,2 g por pepita)
Espesor y color claro del tegumento.
Ausencia de pepitas dobles y defectuosas.
Rendimiento en pepita. Dureza de la cáscara. Endocarpo bien cerrado.
30 - 40% (dura) 50 - 60% (blanda)
Facilidad de descascarado y repelado
Posibilidad de almacenamiento

Características relacionadas con el clima

Necesidades en frío invernal
Bajas Altas
Necesidades en calor primaveral
Bajas Altas
Epoca de floración
Temprana Tardía
Epoca de maduración temprana

Características fitopatológicas

Resistencia a plagas y enfermedades
Hongos
Bacterias
Insectos
Acaros
Nematodos

Características vegetativas

Porte
Ramificación compensada
Crecimiento inicial rápido que facilite la formación del árbol
Crecimiento lento posterior al entrar en producción que limite la poda
Poca formación de chupones

Características reproductivas

Productividad elevada
Rápida entrada en producción
Producción estable, sin vecería
Autogamia
Yemas de flor en ramilletes de mayo y brotes cortos (alta densidad floral)
Poca caída de frutos al alcanzar la madurez, pero fácil desprendimiento después.

Otras características fisiológicas

Fotosíntesis
Relaciones hídricas
Resistencia a heladas

terráneos producían pepitas más sabrosas que las americanas, aunque en ello puede influir el sistema de cultivo, en secano o en regadío. Sin embargo, los estudios sobre la composición de los distintos cultivares no ofrecen por el momento las bases suficientes para poder diferenciar los cultivares en cuanto a la calidad gustativa del fruto, sino más bien por sus componentes básicos, como proteínas, lípidos, etc. (ROMOJARO *et al.*, 1977; RIMELQUE, 1982; SAURA CALIXTO *et al.*, 1988; GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 1996). Estos diferentes componentes pueden definir la aptitud industrial de cada tipo de pepita (BERGER, 1969), ya sea para tostado, producción de harina, de diferentes tipos de turrón... Ésta es una vía de estudio que todavía no se ha emprendido con el interés que se merece y que permitiría definir mejor las aptitudes tecnológicas de cada cultivar y así potenciar la calidad de las más aptas para cada uso comercial.

Tamaño y forma

En términos generales se desea un tamaño de pepita grande, superior a 1,2 g. Sin embargo, para algunos usos concretos se requieren tamaños especialmente grandes o pequeños, aunque no sólo es importante el tamaño de la pepita, sino también su forma. Así, para peladillas y bombones, se requieren pepitas grandes, pero de formas redondeadas, con el fin de que el recubrimiento de azúcar o chocolate sea menor. Por otro lado, para tabletas de chocolate, se requieren pepitas menores, pero especialmente planas, con el fin de que no sobresalgan del espesor de la tableta. Estos dos casos, sin embargo, son muy específicos, aunque la tendencia general es a utilizar pepitas de buen tamaño, con el fin de facilitar y abaratar el proceso industrial de descascarado y repelado.

Espesor y color del tegumento

El tegumento es la envoltura de la pepita y en general es deseable que sea fino, para que las pérdidas de peso que supone el repelado sean mínimas. Al mismo tiempo se requiere que esta operación sea fácil, por lo que el tegumento no debe estar excesivamente adherido a la pepita ni debe formar involuciones dentro de la misma, fenómeno que se observa en algunos cultivares y que parece acusarse en casos de extrema sequía. El aspecto comercial de la pepita viene mejorado por un color claro del tegumento, siendo un ejemplo de cultivar con tegumento fino y color claro el de 'Nonpareil', aunque para casos concretos, cultivares con tegumento grueso y color obscuro pueden tener también su interés, como 'Desmayo Largueta', ya que para el proceso de tostado el desprendimiento fácil del tegumento grueso es un carácter deseable.

Pepitas dobles y defectuosas

La presencia de pepitas dobles es una característica varietal, aunque de expresión algo variable según los años (DICENTA *et al.* 1993a), y muy variable según las zonas por lo que muchas circunstancias pueden influir en su expresión (ASENSIO y SOCIAS I COMPANY, 1996; EGEA y BURGOS, 1995). Su presencia es indeseable porque afecta negativamente al aspecto de la semilla y dificulta los procesos de descascarado y repelado, aunque no afecta a la calidad organoléptica de la pepita. Por ello se prefieren cultivares que no produzcan pepitas dobles, aunque recientemente se han desarrollado células fotoeléctricas que permiten la separación automática y rápida de las pepitas dobles de una muestra, lo que puede eliminar el problema de su presencia en aquellos cultivares que, produciendo un cierto porcentaje de

pepitas dobles, posean otras características de relevante importancia.

Hay algunos cultivares con cierta tendencia a producir frutos sin petita (almendras vanas, sólo con el tegumento) o con frutos defectuosos, características que no son deseables y que por lo tanto se deben eliminar.

Rendimiento en pepita. Dureza de la cáscara. Endocarpo bien cerrado

En general estas características están muy relacionadas ya que cuanto más dura sea la cáscara menor es el rendimiento en pepita y más cerrada está la cáscara, aunque existen algunas excepciones de almendras de cáscara dura y elevado rendimiento. De forma primaria parece que un elevado rendimiento en pepita es un carácter deseable, porque se relaciona con un elevado rendimiento productivo, lo cual no es cierto, ya que la producción, el rendimiento productivo, viene dada por el peso de pepita producido por superficie, independientemente de la cantidad de cáscara que lo acompaña (GODINI, 1984), aunque la cáscara también es un elemento productivo que en algunos casos puede tener su interés.

En los países mediterráneos ha habido un interés tradicional por los cultivares de cáscara dura, debido a las características de este tipo de cáscara. Estas se pueden concretar en su resistencia al ataque por pájaros y a la penetración de larvas de algunos insectos que puedan dañar a la pepita, así como en su posible almacenaje durante un período prolongado sin peligro de enranciamiento ni deshidratación excesiva de la pepita. Esto permite su comercialización en el momento elegido por el agricultor. Todo ello ha determinado que la estructura industrial de los países mediterráneos se base en un sistema de descascarado para este tipo de cáscara dura, que es totalmente diferente del utilizado para los cultivares de cáscara blanda, por lo que el mercado mediterráneo sólo absorbe este tipo de cultivares, los mollares, en una proporción reducida.

Un panorama totalmente distinto se presenta en California y en otros países de cultivo del almendro relativamente reciente, donde se prefieren los cultivares de cáscara blanda y cuyas instalaciones industriales sólo admiten este tipo de descascarado, por lo que en este caso se consideran dos posibilidades en cuanto al ideotipo del almendro.

Para la cáscara dura se considera un porcentaje del 30-40% como más interesante, ya que con ello se mantienen las buenas características reseñadas para la cáscara dura. Para la cáscara blanda se considera un porcentaje del 50-60%, ya que unos rendimientos superiores pueden producir una cáscara con una sutura deficiente y una fragilidad excesiva que dificulta su manejo y facilita las infecciones por insectos, hongos y polvo.

Facilidad de descascarado y repelado

Estas son características de especial importancia industrial, relacionadas con la cáscara y el tegumento. Hay ciertos cultivares con una doble capa en la cáscara que dificulta el descascarado y provoca la rotura de las pepitas, y con ello su depreciación. Por ello la definición del ideotipo debe incluir esta característica, por su repercusión comercial. Igualmente la facilidad de repelado es importante, como se ha indicado al considerar las características del tegumento.

Posibilidad de almacenamiento

Interesan pepitas que puedan almacenarse durante un período prolongado sin que su composición sufra cambios negativos, en especial el enranciamiento de los lípidos que constituyen una parte importante de la pepita. Para ello se debe tener en cuenta la estabilidad de los diferentes componentes de la pepita, las condiciones de la cámara de almacenamiento y si éste tiene lugar con la cáscara o sin ella, por el efecto de la cáscara sobre la difusión del oxígeno que pueda conducir a la oxidación de los ácidos grasos. Por ello, la estabilidad de los distintos componentes es esencial, ya que con el almacenamiento se puede regular el mercado y probablemente obtener mejores precios de venta.

Características relacionadas con el clima

Necesidades en frío invernal

El almendro es una especie con bajas necesidades en frío invernal, aunque hay diferencias acusadas entre los distintos cultivares (TABUENCA, 1972). Estas necesidades se relacionan con el desarrollo invernal de la yema e influyen en la época de floración del cultivar, por lo que se considerará con más detalle su efecto al tratar de la época de floración, aunque se puede apuntar que generalmente los cultivares con más necesidades en frío invernal florecerán más tarde, así que el interés de que estas necesidades sean bajas o altas vendrá determinado por el interés en la época de floración en cada zona de cultivo.

Necesidades en calor primaveral

Una vez cubiertas las necesidades en frío invernal, los cultivares de almendro necesitan cubrir unas necesidades en calor antes de que pueda tener lugar la floración (TABUENCA *et al.*, 1972), por lo que la fecha de floración depende de la satisfacción sucesiva de ambas necesidades. De la misma manera que con las necesidades en frío, hay diferencias en cuanto a las necesidades en calor, por lo que según la zona de cultivo se deberá considerar la época de floración más aconsejable y los requisitos en calor más recomendables.

Época de floración

La época de floración es un carácter típico de cada genotipo pero puede ser muy varible con los años, aunque las diferentes genotipos mantienen más o menos el mismo orden de floración todos los años (DICENTA *et al.*, 1993b; FELIPE, 1977). Este carácter tiene su importancia desde dos aspectos diferentes: una por la coincidencia de floración de dos cultivares que se deban interpolinizar y otra por las condiciones climáticas durante el transcurso de la misma. Los factores climáticos desfavorables para que las abejas lleven a cabo una buena polinización y aseguren un abundante cuajado de los frutos son las bajas temperaturas y la presencia de niebla, viento o lluvia. La helada, que no afecta directamente a la polinización, daña tanto a las flores como a los frutos ya cuajados produciendo la pérdida de las cosechas.

Las malas condiciones climatológicas en el momento de la floración pueden causar disminuciones importantes en la producción y son uno de los factores más decisivos en las oscilaciones de la cosecha, como se ha medido repetidamente en California (ALSTON *et al.*, 1995). Ello se debe al hecho de que los cultivares tradicionales de almendro son autoincompatibles, por lo que re-

quieren la polinización cruzada entre un mínimo de dos cultivares. El transporte del polen de una a otra tiene lugar por medio de las abejas, que no vuelan si llueve, por lo que no pueden llevar a cabo su cometido.

Las heladas son un problema reincidente en muchas zonas de cultivo del almendro, especialmente en las zonas del interior, aunque también en situaciones costeras se pueden presentar heladas en el momento de la floración o inmediatamente después, que en algunos casos pueden anular totalmente la cosecha (EGEA *et al.*, 1980). Por ello la época de floración más adecuada vendrá determinada por las condiciones climáticas que tengan lugar en el momento de la floración.

Aunque tanto las condiciones climatológicas adversas como las heladas son impredecibles, se deberá considerar la época en la que haya una climatología más benigna para establecer la mejor época de floración para el ideotipo del almendro en cada zona. En cuanto a las heladas, una manera de evitarlas es la floración tardía, por lo que este carácter se encuentra presente entre los objetivos de la mayoría de programas de mejora genética. Sin embargo, en las zonas sin peligro de heladas, los cultivares de floración temprana pueden ser interesantes cuando su cultivo sea en secano, para que el fruto se desarrolle pronto, antes del período de fuerte sequía (EGEA *et al.*, 1995).

Por ello el ideotipo para la floración del almendro presenta dos posibilidades, temprana o tardía, según cuáles sean las condiciones de la zona. Como se ha indicado, la época de floración viene determinada por las necesidades en frío y en calor de cada cultivar, por lo que en cada clima se deberán determinar estos requisitos para obtener el resultado más adecuado. Así, los cultivares obtenidos en Crimea, en una zona de inviernos muy crudos, se distinguen por poseer unas muy elevadas necesidades en frío, pero una vez superadas estas necesidades, los requisitos en calor son muy bajos (TABUENCA *et al.*, 1972), lo que las hace especialmente adaptados a este tipo de clima. Un conocimiento preciso de las necesidades en frío y en calor de cada genotipo puede servir para determinar los mejores cultivares interpolinizadores para cada localidad, ya que con las mismas necesidades previsiblemente siempre coincidirán en floración.

A pesar de que la época de floración es un caracter que se trasmite generalmente de una forma cuantitativa (DICENTA *et al.*, 1993b) las posibilidades de retrasar la época de floración en el almendro mediante programas de mejora genética parece que todavía se pueden incrementar, no sólo por la reunión de altas necesidades en frío y en calor, sino también por la utilización de cultivares que transmiten este carácter de forma cualitativa (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1996a). También puede retrasarse mediante la utilización de cultivares de zonas geográficas distintas que probablemente poseen diferentes factores de retraso de la floración (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 1996b).

Época de maduración

Se considera interesante una época de maduración temprana, tanto por razones climáticas como comerciales. La maduración temprana implica que la recolección tenga lugar antes de las lluvias de otoño, para facilitar el secado y evitar que los frutos se mojen y con ello se deteriore el aspecto de la pepita. En las zonas especialmente áridas, la maduración temprana permite la recolección de la cosecha antes del período más seco del verano. Igualmente

una maduración temprana permite que, durante el resto del período vegetativo, el árbol pueda recuperarse de su esfuerzo productivo y que la diferenciación de las yemas y la preparación de la cosecha del año siguiente tengan lugar en mejores condiciones nutritivas.

Igualmente una maduración temprana es interesante desde el punto de vista comercial porque permite cubrir con suficiente antelación la demanda de la industria, que tiene su máximo en las fechas anteriores a la Navidad.

Características fitopatológicas

El almendro, como todas las especies frutales, está sometido a una serie de ataques fitopatológicos, aunque en la zona mediterránea, su cultivo predominantemente en secano y de carácter marginal, haga que su incidencia, en particular las enfermedades producidas por hongos, no tengan excesiva importancia. Sin embargo, el problema de los hongos se acentúa en años de mayores lluvias y su importancia puede llegar a ser un factor de reducción de la cosecha. En los cultivares más resistentes a este tipo de enfermedades, la permanencia de la hoja en el árbol hasta la época de caída natural normal garantiza la elaboración de reservas en el árbol destinadas a garantizar una floración abundante y un buen cuajado de los frutos.

No se trata de hacer una revisión de los problemas fitopatológicos del almendro, aunque sí conviene repasar aquellos que influyen en la elección varietal (GRASSELLY y CROSSA-RAYNAUD, 1980).

La monilia (*Monilinia laxa* Aderh. et Ruhl.) produce daños importantes, especialmente en primaveras lluviosas sobre las flores y posteriormente sobre los brotes. Entre los cultivares más sensibles está 'Tarragona' y entre los más resistentes 'Desmayo Largueta'. Sintomatología y daños semejantes produce la botritis (*Botritis cinerea* Pers.), con 'Marcona' y 'Desmayo Largueta' entre los cultivares sensibles.

El cribado [*Stigmina carpophila* (Lév.) M.B. Ellis] tiene poca importancia. Mayor importancia, especialmente en las zonas más cálidas, tiene la mancha ocre (*Polystigma ochraceum* (Wahl. Sacc.)), que afecta principalmente a 'Tuono' y algunos de sus descendientes. También 'Tuono' es bastante sensible a la lepra (*Taphrina deformans* (Berk.) Tul.), sin excesiva importancia, excepto en la primaveras húmedas y frías, lo que se da con más frecuencia en climas marítimos de las islas y costas del Mediterráneo. 'Tuono' también presenta sensibilidad a fusicocum (*Fusicoccum amygdali* Delacr.) y a antracnosis (*Gloesporium amygdalinum Brizi*). El moteado (*Venturia carpophila* E.E. Fisher) puede dañar las hojas; 'Ardéchoise' presenta una gran resistencia a este hongo, así como a la mayoría de enfermedades.

Entre las enfermedades víricas, no pueden señalarse diferencias importantes, así como tampoco en cuanto a los insectos y los ácaros. Solamente cabe mencionar la especial sensibilidad de los cultivares mollares o de cáscara blanda a los insectos cuyas larvas atacan al fruto, en particualr el "navel orange worm" (*Amyelois transitella* Walk.).

Características vegetativas

Porte

En el almendro es preferible un porte de medio a erecto, lo que facilita la formación

del árbol y la mecanización de su cultivo, especialmente para acercarse al tronco en el momento de la recolección mecanizada y el paso de los aperos por debajo de la copa.

Ramificación compensada

Se entiende por ramificación compensada la que produce suficientes crecimientos anuales con el fin de producir una renovación constante de la copa, pero sin que estos crecimientos sean excesivos y obliguen a una importante operación de poda cada invierno, ya que la poda es una de las operaciones más costosas del cultivo.

Crecimiento inicial rápido y posterior lento

En los primeros años el crecimiento debe permitir la formación del esqueleto del árbol de manera muy rápida. Una vez formado el árbol, cuando también se produce el incicio de la producción importante, el crecimiento posterior debe ser lento con el fin de reducir en lo posible las necesidades de poda.

Poca formación de chupones

Esta característica se considera únicamente por la necesidad de podar los chupones, con el problema de que normalmente se reproduce la salida de nuevos chupones de la base de los que se eliminan.

Características reproductivas

Productividad elevada

Para rentabilizar el cultivo es necesaria una producción mínima que cubra los costes de la explotación (FELIPE, 1984b). Por ello la productividad es una característica indispensable en todo cultivar.

Rápida entrada en producción

Ante la diferencia que se observa entre los cultivares en cuanto al período improductivo después de la plantación, interesa que este período sea corto con el fin de que rápidamente una producción permita la recuperación de los costes de la plantación.

Producción estable, sin vecería

Algunos cultivares, como 'Cristomorto', son muy sensibles a la vecería, lo que no interesa por el desequilibrio productivo y comercial que ello supone. En cultivares autoincompatibles, la vecería puede incluso producir deficiencias en la polinización, al no ser suficiente la cantidad de flor del cultivar vecero para la polinización del otro. En los años de baja producción, ésta puede ser insuficiente para cubrir los costes de la explotación. Por otro lado la falta de una oferta comercial sostenida año tras año supone para el productor un inconveniente a la hora de comercializar su producto.

Autogamia

Como la parte comercial del almendro es la pepita, que botánicamente es una semilla, la fertilización de la flor es necesaria para asegurar la producción. Por ello, todas las circunstancias que puedan favorecer la llegada del polen al estigma y la fertilización del óvulo de la flor serán interesantes para un cultivar de almendro. Con la autogamia se asegura la mejor polinización de la flor, por lo que es un carácter altamente

deseable. Con ello se asegura la capacidad de una flor para polinizarse a sí misma, al reunir los dos caracteres de autocompatibilidad y de morfología floral adecuada. La autocompatibilidad asegura la capacidad genética de que la autopolinización permita la fertilización del óvulo, pero esta característica debe completarse con una morfología floral que permita el contacto de las anteras con el estigma. Así se elimina el requisito de los insectos polinizadores y de un tiempo atmosférico adecuado para su actividad (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1987b). Con cultivares autógamos se pueden realizar plantaciones de un solo cultivar, con lo cual se facilita el manejo de la plantación. Este carácter, que ha sido de los últimos en definirse en el almendro (SOCIAS I COMPANY y FELIPE, 1993), probablemente sea el más importante a considerar en las nuevos cultivares de almendro.

Alta densidad floral

Una producción elevada sólo se puede conseguir partiendo de un elevado número de flores, por lo que es importante una alta densidad floral, porque incluso en condiciones de polinización relativamente adversas, que provocarán un cuajado bajo, partiendo de una alta densidad floral se asegurará una buena producción (BERNAD y SOCIAS I COMPANY, 1997). En el almendro una elevada densidad floral suele deberse a la presencia de yemas de flor en ramilletes de mayo y en brotes cortos, lo cual generalmente se relaciona con una ramificación compensada.

Poca caída de frutos

Siempre se produce una caída de frutos antes de la recolección, pero interesa que esta caída sea mínima con el fin de que se aproveche al máximo la cosecha. Sin embargo, una vez que se proceda a ésta, el desprendimiento de los frutos debe producirse fácilmente para que queden muy pocos frutos sobre el árbol y así, igualmente, se aproveche al máximo la producción del árbol.

Otras características fisiológicas

Relaciones hídricas y fotosíntesis

Son de interés cultivares con gran capacidad de captación de luz, absorción de CO_2 y baja transpiración, lo que proporcionará una buena resistencia a la sequía y una alta eficiencia fotosintética. En el almendro la resistencia a la sequía es interesante, por las condiciones de cultivo en secano en la mayoría de las regiones. Por ello los cultivares deben estar adaptados a los períodos de estrés esperados (en su duración y frecuencia), por lo que deben ser capaces de utilizar eficazmente el agua disponible. Los cultivares deben ser capaces de restringir la transpiración sin reducir la fotosíntesis, permitiendo una mejor eficiencia en el uso del agua (en regadío) y una mejor resistencia a la sequía (en secano). Los árboles deberán tener un buen control estomático y una buena recuperación de la actividad fotosintética tras un período de estrés hídrico, con una elevada capacidad de acumulación de los nuevos asimilados en la pepita. La densidad de estomas, característica morfológica de las hojas, puede estar relacionada con la resistencia a la sequía. Como consecuencia de esta adaptabilidad se puede conseguir una buena nutrición, condición indispensable para una buena diferenciación floral y una buena calidad de la flor,

cualidades obligadas para un buen cuajado y una buena producción.

Resistencia a heladas

Independientemente de la floración tardía, que puede retrasarse hasta después de la época más probable de heladas, hay una resistencia del propio cultivar a las heladas (FELIPE, 1988), carácter que parece transmitirse a la descendecia, por lo que se ha de tener en cuenta en la definición de un cultivar y en los objetivos de un programa de mejora.

Conclusión

A lo largo de esta revisión se ha mostrado como un cultivar de almendro debe reunir una gran cantidad de requisitos para poder considerarse que cumple con la consideración de cultivar ideal. Sin embargo, hay dos aspectos que nos indican que esta posibilidad está lejos de cumplirse: por un lado, con distintas condiciones de cultivo las características imprescindibles serán distintas, y por otro lado, actualmente es imposible reunir en un solo cultivar todos estos requisitos. La mejora genética, a pesar de todo, es un esfuerzo continuo que no ceja en el empeño de conseguir este ideal, la creación de nuevos cultivares que se acerquen cada vez más al ideotipo que hemos revisado para una localidad determinada, quizás siempre teniendo en cuenta que este cultivar ideal es una utopía, pero también un ideal necesario que, sin duda, cada vez procuramos estar más cerca de alcanzar con el esfuerzo de los distintos programas de mejora genética.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto CICYT AGF95-0004. Finalizado después de la lamentable muerte de Efigenio García, el resto de los autores queremos rendirle un homenaje con su publicación.

Bibliografía

ALSTON J., CARMAN H., CHRISTIAN, J.E., DORFMAN J., MURUA, J.R., SEXTON, R., 1995. Optimal reserve and export policies for the California almond industry: theory, econometrics and simulation. Univ. California, Giannini Foundation Monograph 42, viii + 130 pp.

ASENSIO M.C., SOCIAS I COMPANY R., 1996. Double kernels in almond: an open question. Nucis 5: 8-9.

BERGER P., 1969. Aptitudes à la transformation industrielle de quelques variétés d'amandes. Bull. Techn. Inf. 241: 577-580.

BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R., 1997. Bud density and shoot morphology of some self-compatible almond selections. II International Symposium on Pistachios and Almonds, Davis, California, 24-29 August 1997.

DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of the kernel flavour in almond. Heredity 70: 308-312.

DICENTA F., GARCÍA J.E., CARBONELL E.A., 1993a. Heritability of fruit characters in almond. J. Hort. Sci. 68(1): 121-126.

DICENTA F., GARCÍA J.E., CARBONELL E.A., 1993b. Heritability of flowering, productivity and maturity in almond. J. Hort. Sci. 68(1): 113-120.

DICKMANN D.I., 1985. The ideotype concept applied to forest trees. p 89-101. En: M.G.R. Cannell y J.E. Jackson (ed.): Trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Huntington, England.

DICKMANN D.I., GOLD M.A., FLORE J.A., 1994. The ideotype concept and the genetic improvement of tree crops. Plant Breed. Rev. 12: 163-193.

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

EGEA J., GARCÍA J.E., BERENGUER T., 1980. Efecto de las heladas tardías sobre flores y frutos jóvenes de variedades de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 39: 3-12.

EGEA J., BURGOS L., 1995. Double kerneled fruits in almond (*Prunus dulcis* Mill) as related to pre-blossom temperatures. Ann. Appl. Biol. 126: 163-168.

EGEA J., GARCÍA J.E., DICENTA F., 1995. Almond breeding for resistance to environmental stress. Nucis 3: 2-3.

FELIPE A.J., 1977. Epocas de floración de variedades de almendro. An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg. 7: 113-124.

FELIPE A.J., 1984a. État de l'arboretum des espèces sauvages à Saragosse. Considérations sur l'utilisation de ce matériel botanique. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 203-204.

FELIPE A.J., 1984b. Profitability of almond orchards in Spain. Acta Hort. 155: 287-290.

FELIPE A.J., 1988. Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. VII Coll. GREMPA, Rap. EUR 11557: 123-130.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R., 1985. L'amélioration génétique de l'amandier à Saragosse. Options Méditerr. IAMZ/CIHEAM 85/I: 9-14.

GARCÍA J.E., DICENTA F., BERENGUER T., EGEA J., 1996. Programa de mejora del almendro del CEBAS (CSIC - Murcia). Frutic. Prof. 81: 64-70.

GARCÍA J.E., EGEA L., EGEA J., BERENGUER T., 1985. Programme d'amélioration de l'amandier au C.E.B.A.S. de Murcie. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 85/I: 7-8.

GARCÍA-LÓPEZ C., GRANÉ-TERUEL N., BERENGUER-NAVARRO V., GARCÍA-GARCÍA J.E., MARTÍN-CARRATALA M.A., 1996. Major fatty acid composition of 19 almond cultivars of different origins. A chemometric approach. J. Agric. Food Chem., 44: 1751-1755.

GODINI A., 1984. The influence of flesh pericarp on the kernel production in almond. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 57-61.

GRASSELLY C., 1984. Réflexions diverses sur l'évolution des objectifs d'amélioration de l'amandier. Options Méditerr. CIHEAM/IAMZ 84/II: 147-150.

GRASSELLY C., CROSSA-RAYNAUD P., 1980. L'amandier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, XII + 446 pp.

KESTER D.E., GRADZIEL T.M., 1996. Almonds. En: J. Janick y J.N. Moore (Ed.) Fruit breeding, vol. III. John Wiley & Sons. New York. pp 1-97.

KESTER D.E., GRADZIEL T.M., GRASSELLY C., 1990 Almonds (Prunus). Acta Hort 290: 699-758.

RIQUELME F., 1982. Características de almendras murcianas y su estabilidad. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

ROMOJARO F., GARCÍA J.E., LÓPEZ-ANDREU F.J., 1977. Estudio sobre la composición química de variedades de almendra del sureste español. An. Edafol. Agrobiol. 36 (1/2): 121-131.

SAURA CALIXTO F., CANELLAS MUT J., SOLER L., 1988. La almendra. Composición, variedades, desarrollo y maduración. Monografía INIA 66, 173 pp.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1987a. La mejora genética del almendro. Frutic. Prof. 11: 64-66.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1987b. La polinización del almendro. Frutic. Prof. 11: 71-76.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1992. Almond: a diverse germplasm. HortScience 27 (7): 717-718, 803.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1993. La autogamia. Un nuevo reto en el almendro. HortoFruticultura 4 (11): 59-62.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1996a. Genetics of late blooming in almond. Eucarpia Symposium on Fruit Breeding & Genetics, Oxford, England, 1-6 September 1996.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1996b. Approche génétique à la floraison tardive chez l'amandier. X Colloque GREMPA, Meknès, 14-17 Octobre 1996.

TABUENCA M.C., 1972. Necesidades de frío invernal en almendro. An. Estac. Exper. Aula Dei 11(3/4): 325-329.

TABUENCA M.C., MUT M., HERRERO J., 1972. Influencia de la temperatura en la época de floración de almendro. An. Estac. Exper. Aula Dei 11(3/4): 378-395.

(Aceptado para publicación el 21 de noviembre de 1997)

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 3, 177-182

PREDICCIÓN MEDIANTE ANÁLISIS FLORAL DE LA CLOROSIS FÉRRICA EN MELOCOTONERO. CORRECCIÓN E INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL FRUTO

M. Sanz
J. Pascual
J. Machín

Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)
Apartado 202, 50080 Zaragoza (España)

RESUMEN

El análisis de hierro en flor ha permitido realizar una prognosis de la incidencia de la clorosis férrica en melocotonero (*Prunus persica* L. Batsch), "Babygol 7" injertado sobre franco, con una elevada fiabilidad. Seis casos elegidos con una concentración de Fe en flor menor de 133 ppm sobre materia seca, de entre treinta y cinco melocotoneros analizados, han presentado posteriormente una clorosis grave en las hojas. La corrección temprana de esta carencia ha posibilitado medir la influencia de la clorosis férrica en la calidad del fruto y su corrección ha permitido duplicar los calibres de los frutos en los árboles tratados y evitar un retaso en maduración.

Palabras clave: Análisis floral, Prognosis clorosis férrica, Calidad de fruto.

ABSTRACT
FLORAL ANALYSIS FOR PREDIGTING IRON CLOROSIS IN PEACH TREES. CORRECTION AND INFLUENCE IN FRUIT QUALITY

The floral analyses of iron content allowed the prognosis of the incidence of the iron chlorosis on peach traes (*Prunus persica* L. Batsch), c.v. "Babygold 7" grafted on seedling, with high reliability. From a total of 35 peach traes analysed, six of them with floral iron concentration in dry matter less than 133 ppm were selected. These six trees further developed a severa iron chlorosis in leaves. The early correction of this deficiency permitted to measure its influence on the fruit quality, doubling the sizes and avoiding the delay into fruit ripeness for the corrected trees.

Key words: Floral analysis, Prognosis iron chlorosis, Fruit quality.

Introducción

La incidencia de la clorosis férrica en el cultivo del melocotonero en las Regiones Mediterráneas llega a ser una de sus causas limitantes. En la Cuenca del Ebro, NE de España, el 90% de las 26.000 ha existentes de melocotonero están afectadas de clorosis férrica en mayor o menor grado En general, la corta vida productiva de estos frutales es casi siempre debida a esta fisiopatía, además de incidir en la producción y en la calidad del fruto.

El tratamiento más habitual y eficaz en casos graves de esta carencia de hierro, consiste en la aplicación primaveral de quelatos de hierro, cuando aún se desconoce la intensidad de la afección que han de presentar los árboles a lo largo del período vegetativo recién iniciado (SANZ *et al.* 1992a). La inyección sólida de sulfato ferroso al tronco consigue, generalmente, mayores y más perdurables recuperaciones en melocotoneros afectados por esta fisiopatía (SANZ *et al.* 1997a; SANZ *et al.* 1997b), pero la dificultad de su aplicación práctica limita su empleo. Las aspersiones foliares de este mismo compuesto resultan eficaces y económicas en clorosis de intensidad media.

En trabajos anteriores (SANZ *et al.*, 1992b) se ha conseguido adelantar progresivamente la época en que es posible realizar un diagnóstico nutricional para el melocotonero mediante análisis foliar, o incluso a épocas anteriores mediante el análisis floral (SANZ y MONTAÑÉS, 1995a; MONTAÑÉS *et al.*, 1997).

La alta correlación existente entre la concentración de hierro en flor de melocotonero y el contenido en clorofilas de sus hojas en casos de clorosis férrica, permite realizar una predicción, anterior a la aparición de las hojas, de la incidencia de la clorosis férrica en melocotonero tanto cualitativa como cuantitativamente (SANZ *et al.*, 1997b). En ensayos actuales realizados con manzano (*Malas pumila* Mill) se han encontrado correlaciones muy significativas para estas mismas mediciones en dos campañas consecutivas.

La aplicación de esta técnica ha permitido la elección en época de floración (abril), de unos melocotoneros que posteriormente (julio) habrían de presentar unos grados de clorosis férrica previstos y valorar la influencia de la corrección de la carencia en dos parámetros de la calidad del fruto (calibre y maduración).

Material y métodos

Este estudio se realizó en una plantación de melocotoneros (variedad "Babygold 7" injertada sobre franco) localizada en El Temple, 50 km al norte de Zaragoza, establecida en un suelo Cambisol con pH en agua de 8,4 y un contenido en carbonato cálcico del 38%. Se seleccionó esta variedad por ser de la que se dispone de valores de referencia para poder realizar una prognosis de la incidencia de la clorosis férrica (SANZ *et al.*, 1997). Algunos de los árboles de esta plantación estaban afectados por clorosis férrica en años anteriores.

Se analizaron las flores de 35 de los árboles, eligiéndose para realizar un tratamiento corrector de su posible clorosis férrica los seis árboles, que de entre todos ellos, presentaban una menor concentración de hierro en flor.

El muestreo de las flores, en plena floración, y su análisis ya fue descrito en trabajos anteriores (SANZ y MONTAÑÉS, 1995a). La medición de clorofilas en hoja se realizó mediante SPAD Minolta a los 120 días después de plena floración (DAFB), que coincide con la maduración comercial de los primeros frutos, efectuando 30 mediciones de SPAD por árbol.

La corrección de la clorosis férrica se efectuó mediante inyección sólida de sulfato ferroso (HERAS *et al.*, 1976), en la madera de dos ejes de los cuatro que forman cada árbol en vaso. Esta técnica de corrección provoca la mayor recuperación de clorofilas en melocotonero, además de permi-

tir tratar una parte del árbol (dos ejes), dejando como testigo exacto la parte no tratada del mismo.

El aclareo manual de frutos fue especialmente escrupuloso, dada la importancia de esta operación en ensayos donde se controla el calibre de los frutos, dejando un fruto cuajado cada 35 cm a los 50 DAFB y la misma cantidad de frutos por árbol.

Resultados y discusión

El rango de la concentración de Fe en flor (SANZ y MONTAÑÉS, 1995b) de los 35 árboles testados está comprendida entre 120 y 206 ppm sobre materia seca y la correlación entre estas medidas y las efectuadas de clorofilas con SPAD en hojas a los 120 DAFB es 0,738*** en los casos sin tratamiento corrector de la clorosis, que indica una gran relación entre la concentración de Fe en flor y el grado de clorosis que ha de presentar una planta. En nuestra experiencia de varios años se sitúa la aparición de síntomas leves generalizados de clorosis férrica en melocotonero, de la variedad objeto de este ensayo, en concentraciones menores de 160 ppm sobre materia seca de Fe en flor.

En el cuadro 1 se presenta la concentración media de Fe en flor de los seis árboles seleccionados expresada en partes por millón de materia seca, la media de las 30 mediciones efectuadas con SPAD en hoja de 120 DAFB, los calibres medios de los frutos obtenidos expresados en mm de diámetro y los días que faltan hasta la maduración comercial, comparando en todos los casos las partes tratadas contra la clorosis férrica con las no tratadas.

Como resultado del tratamiento precoz de la clorosis, el diámetro de los frutos prácticamente se ha duplicado y han alcanzado los máximos posibles en esa zona de cultivo. La época de maduración se ha normalizado frente a las poblaciones no afectadas, retrasándose en las plantas cloróticas hasta 15 días.

En el cuadro 2 se presenta el peso medio de un fruto según su calibre y el precio en Ecus para cada calibre comercial en la campaña 1995. Queda patente la importancia económica que tuvo la corrección de la clorosis férrica en la campaña del ensayo, que se hubiera visto incrementado en la siguiente (1996), en la que el melocotón de calibre inferior a 70 mm de diámetro no tuvo cotización en el mercado.

La predicción que se efectuó, en el momento de la floración, del grado de clorosis a los 120 DAFB fue correcta, permitiendo seleccionar un material de ensayo (seis árboles con diagnóstico correcto de seis elegidos) antes de la aparición de la fisiopatía estudiada, lo que posibilitó valorar la eficacia de un tratamiento previo al stress de la carencia y el no menos importante de la corrección.

Debemos tener en cuenta que cualquier tratamiento eficaz contra la clorosis férrica cuando ésta ya afecta de forma grave, corrige la deficiencia de hierro, pero los desequilibrios nutricionales que provocan (HERAS *et al.*, 1976), tanto la carencia como su corrección continúan en más de un período vegetativo, por lo que la prognosis de la carencia puede reportar beneficios indudables al evitar ambos stress, carencia y corrección. Además en las variedades de maduración temprana, de tanta importancia económica en nuestro país, el tratamiento que se efectúa una vez detectada visualmente la carencia resulta tardío para que los

CUADRO 1
CONCENTRACIÓN DE FE EN FLOR EN PPM. SOBRE MATERIA SECA, MEDIA DE 30 MEDIDAS CON SPAD EN HOJAS DE 120 DAFB, CALIBRE DE LOS FRUTOS EN MM. DE DIÁMETRO Y DÍAS QUE FALTAN HASTA LA MADURACIÓN COMERCIAL DESDE LOS 120 DAFB

DATA OF MEAN IRON CONCENTRATION IR FLOWERS (PPM DRY MATTER), THE AVERAGE OF THE 30 SPAD MEASURES IN LEAVES AT 120 DAFB, FRUIT SIZE DIAMETER AND DAYS TO COMMERCIAL RIPENESS FROM 120 DAFB

	Árbol	Fe flor ppm	SPAD	Calibre mm	Maduración días
Clorótico			16,9	42	- 15
	1	132			
Corregido			48,7	81	0
Clorótico			17,9	46	- 5
	2	120			
Corregido			47,7	80	0
Clorótico			22,6	57	- 15
	3	130			
Corregido			46,5	85	- 5
Clorótico			14,9	40	- 15
	4	122			
Corregido			49,0	75	- 5
Clorótico			20,6	44	- 12
	5	130			
Corregido			44,1	80	0
Clorótico			15,6	54	- 15
	6	120			
Corregido			54,8	90	0

efectos de la corrección tengan una repercusión rentable en esa campaña, efectuándose únicamente para preservar a los árboles.

La eficacia del tratamiento efectuado es muy alta en todos los casos, alcanzando valores, en la medición con SPAD de las hojas de las partes tratadas, superiores a las efectuadas en los árboles visualmente verdes de la misma plantación (mediciones medias de 40 en SPAD, equivalentes a 15 $nmol.cm^{-2}$ de clorofilas), lo que demuestra que estos árboles sufren una carencia subclínica de Fe, que no afectó ni al calibre medio de sus frutos ni al momento de su maduración.

CUADRO 2
PESO MEDIO EN GRAMOS DE UN FRUTO POR CALIBRE Y PRECIO POR KILOGRAMO DE MELOCOTÓN SEGÚN CALIBRES EN LA CAMPAÑA 1995

AVERAGE WEIGHT OF ONE FRUIT ACCORDING TO ITS SIZE AND THE PRICE IN ECUS PER KILO FOR EACH COMMERCIAL SIZE FOR THE 1995 CAMPAIGN

Calibre mm.	Peso gr.	Precio ECU
50	80,2	0,25
60	121,0	0,25
70	189,3	0,72
80	245,2	1,00
90	333,5	1,09

Conclusiones

1. Es posible realizar la prognosis de la clorosis férrica mediante el análisis de hierro en flor de melocotonero, siempre que se disponga de valores de referencia para la interpretación de estos análisis para la variedad que se considere.

2. La corrección temprana de la clorosis férrica intensa permite aumentar muy significativamente el calibre de los frutos, obtenidos en el material recuperado de la carencia, en la misma campaña en la que se efectúa dicha corrección.

3. La clorosis férrica retrasa la maduración del fruto del melocotonero.

4. La clorosis férrica subclínica, que no presenta síntomas visuales, no afecta al calibre ni a la época de maduración de los frutos del melocotonero.

Bibliografía

HERAS L., SANZ M., MONTAÑÉS, L., 1976. Corrección de la clorosis férrica en melocotonero y su repercusión sobre el contenido mineral, relaciones nutritivas y rendimiento. An. Aula Dei. 13 (3-4): 261-289.

MONTAÑÉS MILLÁN L., BETRÁN J., VAL J., MORENO M.A., MONTAÑÉS L., 1997. Floral analysis: Fresh and dry weight of flowers from different fruit tree species. Third International Symposium on Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Trees, 1996, Zaragoza (Spain), E. Monge (ed.). Acta Horticulture 448 (in press).

SANZ M., CAVERO J., ABADÍA J., 1992a. Iron chlorosis in the Ebro River Basin, Spain. J. Plant Nutr. 15:1971-1981.

SANZ M., HERAS L., MONTAÑÉS, L., 1992b. Relationships between yield and leaf nutrient contents in peach trees: Early nutritional status diagnosis. J. Plant. Nutr. 15 (9): 1457-1466.

SANZ M., MONTAÑÉS, L., 1995a. Flower analysis as a new approach to the nutritional status of the peach trae. J. Plant. Nutr. 18: 1667-1675.

SANZ M., MONTAÑÉS L., 1995b. Floral analysis: A novel approach for the prognosis of iron deficiency in peor (Pyrus communis, L.) and peach (Prunus persica, L. Batsch). J. Abadía (ed.). In Iron nutrition in soil and plants: 371-374. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

SANZ M., PASCUAL J., MACHÍN J., 1997a. Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees: Influetce on fruit quality. J. Plant. Nutr. 20(11): 1567-1572.

SANZ M., BELKHODJA R., TOSELLI M., MONTAÑÉS L., ABADÍA A., TAGLIAVINI M., MARANGONI B., ABADÍA J., 1997b. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiecy in peach. Third International Symposium on Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Trees, 1996, Zaragoza (Spain). E. Monge (ed.). Acta Horticulture 448 (in press).

(Aceptado para publicación el 28 de noviembre de 1997)

ITEA (1997), Vol. **93V N.° 3,** 183-202

SERVICIO DE ASESORAMIENTO DE RIEGOS DE ALBACETE

J.F. Ortega*
J.M. Tarjuelo*
J.A. de Juan*
H. López**
D. Fernández**

* Centro Regional de Estudios del Agua
Instituto de Desarrollo Regional (I.D.R.)
Universidad de Castilla-La Mancha
Campus Universitario, s/n. 02071, ALBACETE

** Instituto Técnico Agronómico Provincial
(ITAP). Diputación de Albacete
Ctra. de Madrid, s/n. 02080, ALBACETE

RESUMEN

El agua es un recurso limitado, cuyo uso presenta gran cantidad de condicionantes (sociales, económicos, políticos, ecológicos, paisajísticos, técnicos, etc.). Para ayudar a conseguir su uso eficiente y sostenible, se creó hace diez años un Servicio de Asesoramiento de Riegos (SAR) en Albacete, donde se estaba desarrollando una importante agricultura de regadío. En este artículo se quieren destacar los aspectos principales de su andadura, prestando especial atención a los problemas surgidos, así como las posibles líneas de futuro. La experiencia de este Servicio, en sus diferentes aspectos (estructura, colaboración con otras instituciones, funcionamiento, etc.), puede ser interesante para el desarrollo de departamentos de similares, a la par que es un ejemplo para la reflexión sobre el manejo y gestión del agua de riego.

El SAR juega un papel crucial para los regadíos albacetenses, transfiriendo información técnica y científica a los agricultores. Las necesidades de financiación del SAR son elevadas, debiéndose emplear su capacidad y trayectoria para, a largo plazo, constituir un servicio global de ayuda a la agricultura de la zona. A corto plazo deben incluirse en el SAR algunos servicios, como el asesoramiento en cultivos leñosos, o ampliar determinados servicios demandados por la agricultura de regadío (control de la programación de riegos, difusión de la información, etc.).

Palabras clave: Gestión del agua, Programación de riegos, Uniformidad, Eficiencia, Optimización económica.

SUMMARY
IRRIGATION-ASSESSMENT DEPARTMENT OF ALBACETE

Water is a scarce resource whose use is subject to a large quantity of determining factors (socials, economics, politics, techniques, ecologiques, etc.). With the aim of achieving an efficient and sustainable use of this resource, a Servicio de Asesoramiento de Riegos (SAR) was created ten years ago, as a result of an agreement bet-

ween the Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP) and the Castilla-La Mancha University. The service has been developed in order to reach its current structure, and permits to offer to the Albacete's irrigation farming an essential service. This article tries to highlight the main features of the SAR paying special attention to its problems, in addition to the coming future of SAR.

The experience of this Service (structure, collaboration with other institutions, work pattern, etc.) may result interesting for the development of similar assessment departments, and may be a reference in relation to the management of the irrigation water too.

The SAR plays a major role in the irrigated lands of Albacete by transferring technique and scientific information to farmers. SAR has high financial requirements. Its capacity and trajectory must be used to generate a global service for the agriculture in the region. This is a long-term objective. In the near future SAR must include several services, such as the assessment for orchards, extend specific services, which are demanded by farmers (irrigation scheduling control, disseminating information, etc.).

Key words: Water management, Irrigation sheduling, Uniformity, Efficiency, Economic optimization.

Introducción

El agua es un elemento esencial para la vida, al tiempo que un factor decisivo para el desarrollo socioeconómico de las regiones, tanto desde el punto de vista de la producción agrícola, como atendiendo a aspectos ecológicos, paisajísticos, etc. Esto ha hecho que en muchas comarcas sea considerada como el principal motor dinamizador de su actividad socioeconómica (agricultura, empresas de servicio e industriales asociadas, generación de empleo, turismo, etc.).

Todo lo anterior, unido a la escasez de este recurso, hace que el agua y su manejo adquieran una especial relevancia en las zonas semiáridas, como son amplias comarcas de Castilla-La Mancha, donde el peligro de desertificación es un hecho contrastado. Castilla-La Mancha, la tercera región más extensa de España con unos 82.000 km^2, es eminentemente agrícola (el sector agrario supone en torno al 12% del Producto Interior Bruto (PIB) regional, mientras que la media nacional se encuentra en torno al 5%). Todo ello con una superficie de regadío de solamente el 9% de la superficie total cultivada, cifra muy por debajo de la media nacional (16%); sin embargo, este regadío aporta el 40% de la producción final agraria regional. En la provincia de Albacete, la extensión total regada se cuantifica en torno a 126.700 ha (ITAP, 1997), casi en su totalidad con recursos subterráneos (84%), que en algunos casos están al límite de la sobreexplotación. Los sistemas de riego principales son: 84,5% aspersión (pivot y cobertura total enterrada), 15% riego por superficie y 0,5% riego por goteo. Actualmente se está registrando un intenso crecimiento del riego localizado, unido en buena medida al riego de especies leñosas, y un retroceso del riego por superficie. Si a todo esto unimos que la precipitación media anual es de 360 mm, con frecuentes e intensos períodos de sequía y, una ETo anual entorno a 1.300 mm, se justifica que en Castilla-La Man-

cha, y en Albacete en particular, el manejo adecuado de los recursos hídricos disponibles sea un objetivo fundamental, tanto para los responsables públicos de la gestión del agua como para los agricultores. Esta gestión racional y responsable es primordial para asegurar la sostenibilidad de nuestros regadíos, ya que la agricultura utiliza en torno al 80% del agua total consumida.

En nuestra comarca el Servicio de Asesoramiento de Riegos (SAR) se ha convertido en un instrumento decisivo ofrecido a los agricultores para el uso racional del agua, que les permite programar su riego, consiguiendo regar en los momentos y con los volúmenes adecuados, con las consiguientes ventajas económicas, medioambientales y de optimización de recursos.

Antecedentes

En España, se van desarrollando cada vez más los servicios que pretenden un asesoramiento al agricultor sobre las necesidades hídricas de sus cultivos. Destacan sobre todo el Programa de Asesoramiento de Riegos (PAR) de la región de Murcia, unido a una importante agricultura en condiciones de recursos hídricos altamente restringidos, y el Servicio de Asesoramiento en Riegos (SAR) de Albacete, a los que hay que unir otras iniciativas como el servicio de asesoramiento de Navarra, el Servei d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya, etc. Otras Administraciones tienen también la intención de fomentar la creación de servicios similares, incluso en zonas semihúmedas (Álava), donde indudablemente el agua es también un recurso a optimizar.

El adecuado funcionamiento de un servicio de este tipo requiere un cierto período de preparación, siendo su coste de creación y funcionamiento elevado. Así, en el caso de Albacete, el SAR, que es un servicio gratuito para los agricultores, surgió en el año 1987, aprovechando la capacidad técnica y la experimentación realizada en la zona por la Universidad de Castilla-La Mancha y el Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP) de Albacete, siendo la función primordial del ITAP la transferencia de tecnología a los agricultores.

Por tanto, estamos ante un servicio gratuito para los regantes, que con diferentes mejoras y adaptaciones lleva funcionando 10 años. En el año 1987, se comenzó la calibración de la estación meteorológica necesaria para el servicio, mientras en el año 1988 funcionó poniendo a disposición de los agricultores datos por primera vez.

Objetivos del SAR

La finalidad primordial de un servicio de asesoramiento de riegos es el manejo eficiente del agua de riego, utilizando de forma sostenible las fuentes de agua existentes, conservando tanto la capacidad de suministro de agua como su calidad. Para conseguir este objetivo debe actuarse en los siguientes campos:

- Realizando la *programación de riegos* más adecuada para cada cultivo y situación productiva, comprobando mediante su seguimiento y control que se alcanzan los objetivos prefijados.

- Mejorando la *eficiencia* de los sistemas de distribución y aplicación del agua en parcela.

• Planteando *alternativas de cultivo* que optimicen en cada momento la utilización del agua disponible en la explotación agrícola.

Funcionamiento del SAR

Para la realización de la programación de riegos en el ámbito de la explotación agrícola, en un escenario de recursos limitados y, en ocasiones al borde de la sobreexplotación, es necesario que los agricultores cuenten con el adecuado asesoramiento técnico así como con una formación continuada. El adecuado manejo del riego es importante no sólo por el ahorro de agua, y su repercusión directa sobre los beneficios económicos de la explotación, sino también para evitar importantes problemas ambientales de contaminación con fertilizantes y otros agroquímicos de las aguas de retorno del riego, y poder liberar recursos para otros usos alternativos.

El método utilizado para identificar el momento y la cuantía del riego (programación de riegos) es el balance hídrico simplificado en el continuo suelo-planta-atmósfera basado en las directrices proporcionadas por DOORENBOS y PRUITT (1977), DOORENBOS y KASSAM (1981), VILLALOBOS y FERERES (1987), SMITH (1992), contrastada en múltiples trabajos de investigación y globalmente admitida (PEREIRA *et al.*, 1992; FAO, 1994), normalmente referenciada como metodología FAO. En el balance hídrico deben incluirse todas las entradas o salidas de agua que se registren en el volumen de control, normalmente el volumen radicular efectivo. Estas son:

• Entradas: precipitación efectiva (P_e), ascensión capilar (G_e), poco importante, riego neto (N_n), que es la variable a determinar para equilibrar el balance.

• Salidas: evapotranspiración del cultivo (ET), pérdidas por percolación profunda (P_p), inevitables en una determinada proporción, pérdidas por escorrentía (E_s), que puede suponer en algún caso una entrada en el balance.

• El balance del sistema queda completo al considerar la evolución de la humedad en el suelo (A_w). La ecuación que define el balance hídrico es:

$$ET + P_p + E_s + P_e + G_e + N_n + A_w = 0 \quad (1)$$

Determinar todos los componentes es imposible en la práctica, realizándose el balance simplificado que se muestra en la ecuación 2, obviándose el efecto de los parámetros no contemplados, cuya influencia es poco significativa (DOORENBOS y PRUITI, 1977; SANTA OLALLA y DE JUAN, 1993).

$$ET + P_e + N_n + A_w = 0 \quad (2)$$

Un dato fundamental del balance es la evapotranspiración del cultivo. Su determinación suele hacerse mediante fórmulas empíricas, con mayor o menor base fisiológica, que utilizan datos meteorológicos y de cultivo.

Determinación de la evapotranspiración del cultivo (ET)

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo con el objetivo de máxima producción (ETm), se emplea la metodología recomendada por FAO. La ETm es la base para conseguir un servicio de asesoramiento de riegos que ofrezca recomendaciones fiables.

Este término está compuesto por dos parámetros, la evapotranspiración de referencia (ETo) y los valores del coeficiente de cultivo (Kc), que varían para cada etapa fenológica.

En el caso del SAR de Albacete se realizaron estudios con evapotranspirómetros de drenaje durante cuatro años, comprobando el buen ajuste de la práctica totalidad de las fórmulas empíricas para el cálculo de la ETo (SANTA OLALLA y DE JUAN, 1993). En nuestro caso, se eligió para la zona donde opera el SAR como fórmula empírica de cálculo la de Penman modificada por FAO, empleada en una primera etapa, que ha sido sustituida por la de Penman-Monteith durante los cinco últimos años.

Una vez determinada la ETo se debe conocer el Kc, y su evolución, para cuantificar las necesidades de agua de un cultivo concreto en un determinado período de tiempo. La estimación del Kc es un factor esencial para la determinación de la ET, siendo la fuente principal de desviaciones en la cuantificación de las necesidades hídricas de los cultivos (VILLALOBOS, 1992; MANTOVANI, 1993). Los ensayos lisimétricos referidos anteriormente se emplearon también para obtener los primeros datos que permitieran el ajuste y calibración de las curvas de Kc de algunos cultivos (maíz y girasol) (DE JUAN y SANTA OLALLA, 1985; DE JUAN y SANTA OLALLA, 1993a). Este proceso se complementa aprovechando los ensayos de análisis del rendimiento de los cultivos ante distintas dosis de riego; en estos ensayos, realizados en parcelas elementales, se incluyen láminas elevadas de riego, correspondiente a los valores manejados de Kc e incluso superiores. En ellos se emplean las técnicas adecuadas para conocer suficientes componentes del balance hídrico (medidas de humedad en el suelo, control de las láminas de riego, etc.), de modo que se pueda cuantificar la evapotranspiración del cultivo en cada momento.

El análisis del efecto de las cantidades de agua aplicada sobre el rendimiento de los cultivos se ha basado en los siguientes ensayos:

1. Tratamientos diferenciales de agua en parcelas elementales, en las que se pueden diferenciar los tratamientos en los distintos estados fenológicos del cultivo (SANTA OLALLA *et al.*, 1992). Estos ensayos siguen realizándose para nuevos cultivos que se quieren incorporar al SAR, en los que el efecto de la lámina aplicada sobre el rendimiento no esta bien caracterizado en nuestra zona, al igual que los valores de Kc.

2. "Ala de riego" con tratamientos diferenciales continuos aprovechando la distribución triangular de agua que produce un ramal de aspersores (COSCULLUELA y FACI, 1992). De esta forma, se puede analizar la cantidad de agua aportada frente a la producción cosechada en cada punto.

En la figura 1 se recoge un ejemplo de estos ajustes realizados para uno de los cultivos que ha sido fundamental para el desarrollo de los regadíos albacetenses, aunque en estos momentos, se pueda ver comprometida su importancia futura, por diversas limitaciones (disponibilidades hídricas, aspectos económicos, etc.). En la gráfica se comprueba la evolución del rendimiento de maíz grano con relación al agua de riego aplicada, resultado de la experimentación llevada a cabo durante varias campañas.

Estaciones meteorológicas automáticas

Para la determinación de la ETo es necesario disponer de una serie de datos climáticos. Las estaciones automatizadas registran los datos meteorológicos requeridos

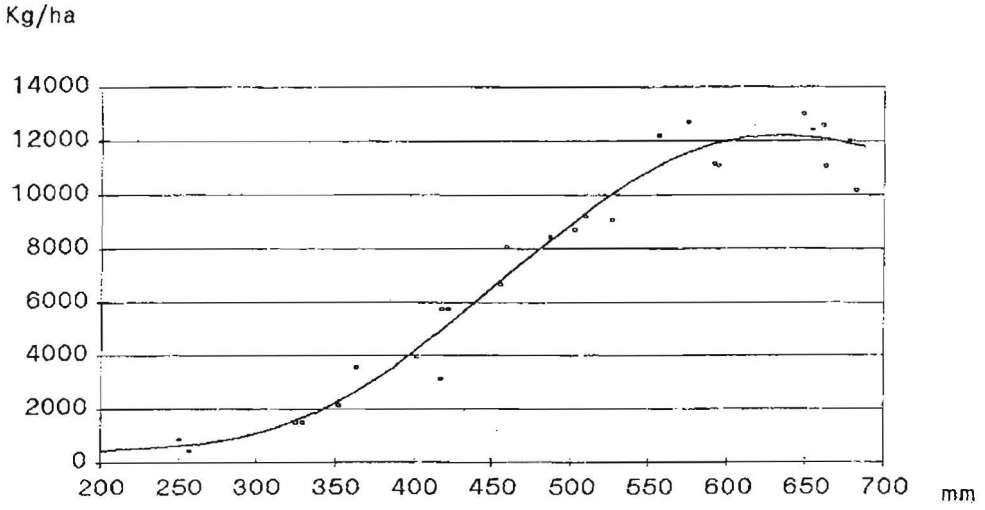


Figura 1. Relación del agua de riego aplicada (mm) y el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) al 14% de humedad para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), obtenida como resultado de varias campañas.

para la aplicación de la fórmula elegida, en este caso la de Penman-Monteith.

La ubicación de las estaciones debe hacerse de forma que los datos obtenidos sean representativos del área donde aplicar el SAR.

Todos los datos registrados, guardados en soporte informático, deben revisarse antes de ser procesados para asegurarse que los sensores existentes en la estación están funcionando de forma adecuada, y no proporcionan datos anómalos.

Hasta ahora el SAR de Albacete dispone de una sola estación agrometeorológica automatizada, instalada en la finca experimental "Las Tiesas", y conectada vía "modem" con las oficinas centrales donde se procesan los datos. Esta solución es válida para los regadíos que se agrupan en una gran zona próxima a la ubicación de la estación, con una importante homogeneidad agroclimática, propia de las características geográficas de la llanura albacetense.

No obstante, y con la extensión del regadío a nuevas comarcas de la provincia, principalmente orientadas al riego deficitario de especies leñosas, es necesario disponer de una red de estaciones agrometeorológicas que permita obtener la precisión adecuada donde las condiciones climáticas sean significativamente diferentes.

Información suministrada por el SAR

El tipo de información que puede facilitar un servicio de asesoramiento en riegos, como objetivo de su actividad, es:

• Proporcionar la evapotranspiración del cultivo (ET), y que el agricultor determine las necesidades de riego en función de las características de su sistema de riego, de la precipitación efectiva local y, de la reserva

del suelo, el cual debe estar adecuadamente caracterizado (textura, capacidad de retención, etc.).

• Ofrecer la evapotranspiración de referencia (ETo) y que el usuario realice, para cada cultivo de su explotación, la programación de riegos a partir de este dato, empleando la metodología del balance hídrico simplificado.

• Otra posibilidad es que cada agricultor o grupo de agricultores (Sociedades Agrarias de Transformación (SAT), Comunidades de Regantes (CR), cooperativas, etc.) dispongan de una estación meteorológica, ya que su coste no es demasiado elevado, y obtengan directamente los consumos de agua de sus parcelas, contando, siempre que sea necesario, con el asesoramiento del equipo de técnicos de que dispone el SAR.

Actualmente, los datos de difusión general que proporciona el SAR de Albacete, son las evapotranspiraciones diarias de los cultivos más importantes, con periodicidad semanal, de cara a la realización de la programación de riegos por el agricultor. No obstante, los niveles de actuación del SAR son distintos en función del grado de colaboración deseado por los agricultores:

1. El nivel más elemental consiste en proporcionar únicamente la evapotranspiración del cultivo. Es la solución llamada generalizada.

2. En un segundo escalón se sitúan los agricultores que miden la lluvia caída en su explotación, que pasada a lluvia efectiva (Pe), se considera como el 70% de la lluvia total recogida, entra a formar parte del balance hídrico. Se consiguen buenos resultados a pesar de no ser un método muy preciso de determinación de la Pe. Basándose en la ET y la Pe se ofrece al agricultor la programación de riegos para sus cultivos de forma personalizada.

3. El siguiente nivel de actuación supone determinar la lámina bruta a aplicar en función de la programación de riegos propuesta, para ello se tiene que estimar la eficiencia del sistema de riego y, conocer su pluviometría media, para saber el tiempo de funcionamiento necesario para aplicar la dosis de riego requerida. A este nivel de información se llega actualmente con distintas SAT y CR, e incluso con agricultores individuales que lo solicitan.

La uniformidad y eficiencia de riego suelen ser diferentes en cada riego en función de las condiciones climáticas y de la instalación en que se desarrolle. El SAR está realizando evaluaciones de los sistemas de riego desde hace cuatro campañas, ofreciendo a los agricultores datos sobre su sistema en base a una o dos evaluaciones. La metodología seguida para la realización de evaluaciones en el caso de equipos pivot es la recogida en las normas ANSI/ASAE STANDARS 436 (1995) e ISO 11545 (1994), en el caso de cobertura las normas a seguir son: ASAE STANDARD S330.1 (1987), ISO 7749/1 (1986), ISO 7749/2 (1990), UNE 68-072-86, siendo interesante contemplar las consideraciones de MERRIAN y KELLER (1978) y MERRIAN *et al.* (1980). La ficha tipo del resultado de la evaluación de un equipo pivot que se entrega a los agricultores se muestra en la figura 2. En ella cabe destacar los datos referentes a la velocidad de avance del equipo, la superficie bien regada, la uniformidad y la eficiencia de descarga. Estas evaluaciones se realizan en condiciones de trabajo concretas y en unas condiciones climáticas determinadas, obteniéndose un muestreo puntual del riego. La variabilidad climática, sobre todo el viento, la temperatura y la humedad relativa, hace que sea difícil tener

	RADIO TOTAL
AMA (mm)	
AMR (mm)	
AMR-50 (mm)	
ER (%)	
UD (%)	
CUh (%)	
CUv (%)	
Pluviometría en extremo (mm h^{-1})	
Dotación pivot (l s^{-1} ha^{-1})	
1,15 AMR (mm)	
0,85 AMR (mm)	
Superficie bien regada	
Superficie con +1,15 AMR	
Superficie con -0,85 AMR	
AMR en torre 1 (mm)	
AMR en torre 2 (mm)	
AMR en torre 3 (mm)	
AMR en torre 4 (mm)	
AMR en torre 5 (mm)	
AMR en torre 6 (mm)	
AMR en torre 7 (mm)	
AMR en alero (mm)	

RELACIÓN ENTRE LA ALTURA MEDIA RECOGIDA Y LA VELOCIDAD DE AVANCE

Velocidad de avance		AMR	AMR-50	Tiempo revolución
(%)	(m min^{-1})	(mm)	(mm)	(h)
100				
90				
80				
70				
60				
50				
40				
30				
20				
10				

LEYENDA:

AMA: Altura bruta Media Aplicada (mm)
AMR: Altura Media Descargada (mm)
AMR-50: Altura Media Recogida en el 50 % de la superficie menos regada (mm)
ER: Eficiencia de Descarga (%)
UD : Uniformidad de Distribución (%)
CUh : Coeficiente de Uniformidad de Heermann y Hein (%)
CUv : Coeficiente de Uniformidad de variación (%)
1,15 AMR : altura de agua igual a 1,15 veces la AMR (mm)
0,85 AMR : altura de agua igual a 0,85 veces la AMR (mm)
Superficie con +1,15 AMR : superficie que recibe más de 1,15 veces la AMR
Superficie con -0,85 AMR : superficie que recibe menos de 0,85 veces la AMR

Figura 2. Ficha tipo de presentación de resultados de la evaluación de un equipo pivot.

unos valores representativos de la distribución de agua con sólo una o dos evaluaciones, pero se procura hacer estas en condiciones climáticas medias ante la imposibilidad de incrementar su número.

En las instalaciones que se encuentran pendientes de evaluación, se estima un valor medio en cuanto a uniformidad y eficiencia de acuerdo con sus características y con la experiencia acumulada del estudio de sistemas semejantes en la zona. En cualquier caso, la eficiencia menor que se aplica es del 80%, justificable tanto por los valores medios obtenidos en las evaluaciones realizadas, como apoyada por criterios económicos y ambientales asociados al consumo de agua en las explotaciones agrícolas.

Al determinar la pluviometría media del sistema (Pms) que llega al suelo, basándose en las lecturas de los pluviómetros, para conocer el tiempo de riego necesario para aplicar una dosis concreta, los errores que se pueden cometer, especialmente en el caso de equipos pivot, pueden llegar a ser importantes, debidos a imprecisiones en la determinación de la velocidad de avance del equipo por problemas de resbalamiento en la rueda del extremo, variaciones en el mando que fija el porcentaje de velocidad de avance del equipo, etc.

Los cultivos que en este momento se incluyen en la divulgación general del SAR son: maíz, girasol, remolacha azucarera, cebolla y cebada. Sin embargo, en el segundo escalón más personalizado se asesora sobre mayor número de cultivos herbáceos importantes en la zona, aunque no exista experimentación local de apoyo, existiendo la intención de ir ampliándolos progresivamente. Se trata de poder llegar a dar un asesoramiento sobre todos los cultivos de la explotación, aunque sea con menor nivel de precisión en los cultivos menos experimentados. Esta ha sido la política mantenida desde el origen del servicio, así, en la primera campaña (1988) los cultivos incluidos fueron: cebada, maíz y girasol de segunda cosecha, que se han ido ampliando hasta llegar a los cultivos ahora considerados.

Medios de difusión

La información ofrecida por el SAR debe ser de muy fácil acceso para los agricultores, de manera que siempre la tengan disponible. Para ello, en el caso del Servicio de Albacete se ha recurrido al empleo de las siguientes herramientas:

- Medios de comunicación. Una vez a la semana los periódicos locales publican los valores diarios de la evapotranspiración del cultivo para la máxima producción (ETm) de las especies consideradas. El modelo de ficha que se hace público se recoge en la figura 3, aunque la información ofrecida a algunos agricultores es mucho más detallada, en función del tipo de servicio que hayan demandado. Algunas emisoras locales también emiten estos resúmenes semanales.

- Contestador automático. Existe un número de teléfono con un contestador automático del que se pueden obtener en cualquier momento datos de la última semana.

- Acceso directo o información personalizada. Los datos de consumo de agua y de las evaluaciones se suministran por fax o mediante visitas de los técnicos del SAR a gran cantidad de SAT, CR e incluso agricultores particulares. Con ellos se realiza un seguimiento de la programación de riegos recomendada, aunque únicamente al nivel de contabilizar los volúmenes de agua aplicados, los rendimientos alcanzados y la realización de un seguimiento visual del cultivo.

Es muy importante prestar gran atención al buen funcionamiento de los medios de difusión de la información suministrada, perfeccionando su funcionamiento y buscando nuevos canales de difusión (televisión local, internet, etc.) que faciliten el acceso a la información, evitando que los datos se trastoquen en el proceso de difusión.

El futuro del SAR de Albacete va por ofrecer a los agricultores las herramientas y asesoramiento necesario, pero que cada vez ellos se impliquen más en la planificación y manejo de sus regadíos, apoyándolos en su formación continuada.

Control de la programación de riegos

Es necesario hacer un seguimiento y control de la programación de riegos que se realiza, para ver si se están consiguiendo los objetivos prefijados para ella de acuerdo con los criterios de partida. Son múltiples los factores que inciden sobre el agua

Instituto Técnico Agronómico Provincial, s.a.

SERVICIO DE ASESORAMIENTO DE RIEGOS

NECESIDADES DE AGUA (mm)

SEMANA 28 Ago 03 Sep	CEBOLLA	REMOLACHA	MAÍZ
Jueves	3.5	4.7	4.7
Viernes	3.0	4.1	4.0
Sábado	5.0	6.8	6.7
Domingo	4.3	5.9	5.8
Lunes	2.9	4.1	4.0
Martes	2.9	4.0	3.9
Miércoles		5.0	4.8
TOTAL	**21.6**	**34.3**	**33.8**

Figura 3. Modelo de presentación de datos publicado por el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete. Ejemplo de la última semana de agosto de 1997.

que se encuentra en el suelo y sobre los componentes del balance que pueden introducir variaciones respecto a lo programado.

El seguimiento puede efectuarse realizando determinaciones periódicas del contenido de humedad del suelo, mediante algunos de los posibles métodos de medida (tensiómetros, TDR, etc.) (TOPP y DAVIS, 1985), o utilizando otras técnicas que cuantifiquen el estado hídrico del cultivo, como la determinación de su temperatura foliar (IDSO *et al.*, 1977), u otros procedimientos que permitirán detectar un posible estrés hídrico (DE JUAN y SANTA OLALLA, 1993b).

Este control no es realizado en la actualidad de forma generalizada por el SAR, existiendo únicamente un seguimiento visual del estado del cultivo, quedando un control más preciso para algunos casos concretos. Este es uno de los aspectos que deben ponerse a punto para poder prestar este servicio de forma generalizada, sobre todo de cara a ofrecer un nivel de seguridad y garantía a los agricultores que les hiciese confiar plenamente en el SAR.

Conclusiones del funcionamiento del SAR

- Ha sido, y continua siendo, un servicio fundamental para orientar a los regantes, especialmente en un contexto semiárido, de recursos hídricos escasos y caros.

- Requiere un importante soporte técnico y científico para poder desarrollar su tarea de forma precisa. Este soporte es necesario para comenzar a funcionar, pero es también decisivo para la pervivencia y adaptación del SAR a las situaciones que se le van planteando cada día (nuevos cultivos, sistemas de riego diferentes o modificación de los existentes, etc.). Por ello, es fundamental que la propia institución, o su colaboración con otras como puede ser la Universidad, solvente este problema.

- Las necesidades de financiación son elevadas, tanto por la propia infraestructura necesaria para el servicio, como por el personal técnico que requiere de cara a ofrecer un servicio próximo a un elevado número de agricultores y con grandes posibilidades de éxito.

- El servicio debe inspirar la máxima confianza a los regantes, derivada de su eficacia y de la claridad en los criterios empleados. Es la forma más eficiente de conseguir que se sigan sus recomendaciones. Si no se consigue una total confianza, tal como ha sucedido en algunas ocasiones en Albacete, las recomendaciones del SAR no son globalmente atendidas y los beneficios de un servicio costoso no llegan a ser los pretendidos.

- Debe prestarse gran atención a los medios de difusión de la información suministrada, de forma que siempre esté disponible y sin errores para los agricultores. Para ello, el servicio personalizado es la mejor herramienta.

Mejora de la eficiencia de los sistemas de riego

Cuando se aplica un riego, no toda el agua distribuida por el sistema queda almacenada en la zona radicular, sino que una parte se pierde por diversas causas: evaporación y arrastre por el viento durante el proceso de aplicación, escorrentía, percolación profunda, etc. Además, del agua que se deriva para riego, sólo una parte llega a aplicarse por el sistema. Dependiendo de los sistemas de captación, conducción y, de

su manejo y conservación, las pérdidas pueden llegar a ser prácticamente despreciables (goteo o aspersión bien conservados y manejados) o muy importante (riego por superficie con acequias de tierra y mal manejado o con problemas de gestión del riego).

El coste del agua cada vez mayor, que incluye la energía, las infraestructuras de almacenamiento y distribución, la mano de obra, el mantenimiento, etc., justifica sobradamente su uso racional.

Las actuaciones para conseguir una mejor eficiencia en el uso del agua se deben centrar en los siguientes aspectos:

• Diseño y mantenimiento adecuado del sistema de captación y conducción de agua, donde las pérdidas se vean reducidas al mínimo razonable (TARJUELO, 1995).

• Manejo adecuado de los sistemas de riego. Para ello se debe operar minimizando las pérdidas con diferentes tipos de actuaciones:

– Para disminuir las pérdidas por evaporación y arrastre por el viento de las gotas de agua en riego por aspersión, se regará a presiones en torno a 350-400 kPa, y presiones menores en el caso de equipos pivot (en función de los emisores instalados), de modo que se consiga una buena uniformidad de distribución, pero un tamaño de gota no demasiado pequeño que aumentaría exageradamente estas pérdidas (TARJUELO, 1995; MONTERO *et al.*, 1997). Por otra parte, se evitará regar en momentos de fuerte demanda evaporativa de la atmósfera, es decir, en los momentos de más calor y de menor humedad relativa, especialmente si va acompañado de vientos fuertes.

– Para minimizar las pérdidas por percolación profunda es necesario, por una parte, un diseño adecuado del sistema de riego a la hora de realizar el proyecto y la ejecución de la obra, que garantice una alta uniformidad de riego, y por otra, que los agricultores apliquen la programación de riegos requerida, regando en el momento preciso y con la cantidad de agua necesaria.

– Las pérdidas por escorrentía se minimizarán con un buen diseño del sistema, utilizando una pluviometría media en sistemas de riego por aspersión inferior a la velocidad de infiltración del suelo, o empleando la técnica de recorte de caudal o el riego a pulsos en riego por superficie. Además, en casos de riego por aspersión con topografía irregular, se recurrirá a técnicas culturales que permiten disminuir la escorrentía, como es surquear siguiendo las curvas de nivel, o introducir aperos en la labranza como las surqueadoras-estancadoras. Éstas, mediante la realización de montículos en el surco crean en el suelo unas "balsetas" que contribuyen a disminuir la escorrentía.

• Diseño y mantenimiento de los sistemas de riego que permitan alcanzar buenas uniformidades de distribución (por encima del 80-85% en riego por aspersión y del 90% en riego localizado), de modo que la diferencia de agua recibida entre los diferentes puntos de una parcela no sea excesiva. Con ello se asegura que el área infrarregada no sea muy alta, y que en la parte sobrerregada las pérdidas por percolación no sean excesivas. Esta mayor uniformidad de distribución permitirá cultivos más homogéneos y rendimientos mejores, por tanto, un mejor uso del agua (TARJUELO, 1995).

Estas recomendaciones forman parte, y deben hacerlo cada vez en mayor medida, de los servicios ofrecidos por el SAR a los agricultores, de cara a la modernización, mejora y mantenimiento de las instalacio-

nes existentes. Esta tarea obliga a un conocimiento preciso de los sistemas de riego instalados y a una importante investigación sobre sus posibilidades de mejora, que en estos momentos se está llevando a cabo en nuestra zona por la Universidad, tanto desde la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos como del Instituto de Desarrollo Regional (IDR), y que está siendo puesta a disposición del ITAP para su transferencia a los agricultores.

Alternativas de cultivo "óptimas"

Para conseguir un uso óptimo del agua de riego, es necesario cultivar especies que económicamente permitan a la explotación agrícola lograr el máximo beneficio con arreglo al agua de riego disponible y, de acuerdo con sus características (técnicas, agronómicas, etc.).

El proceso de optimización de alternativas de cultivo atendiendo al uso de agua, requiere la determinación de las necesidades estacionales netas de riego, la estimación de los costes de producción asociados a diferentes supuestos productivos, y la optimización económica de los mismos. Concluye con la determinación de los cultivos que forman parte de la alternativa económicamente óptima, siguiendo para ello varias etapas.

Necesidades netas de riego

Las necesidades netas estacionales de riego se obtienen para cada uno de los cultivos considerados aplicando la metodología de FAO basada en el balance hídrico simplificado del conjunto suelo-planta-atmósfera, descrita en epígrafes precedentes.

Determinación de la lámina de riego óptima

Una vez conocidas las necesidades de riego estacionales netas, se aborda la optimización de las láminas de riego a aplicar para cada uno de los diferentes cultivos estudiados, atendiendo a los costes de producción, los costes de aplicación del agua, la uniformidad de distribución de agua por el sistema de riego proyectado y, los precios de productos o subproductos mercadeables, además de tener en cuenta las ayudas compensatorias de la PAC en cada comarca. Es recomendable que estos planteamientos de manejo del agua vayan siendo introducidos progresivamente en los SAR, de modo que se consiga un uso cada vez más eficiente, desde todas las perspectivas, de los recursos hídricos; incluso planificando riegos deficitarios, esto es, que no satisfagan al 100% las necesidades del cultivo, lo que llevará asociado una menor producción, pero que económicamente puede ser más favorable.

Esta determinación puede realizarse según la metodología desarrollada dentro del Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria (DE JUAN *et al.*, 1996; TARJUELO *et al.*, 1996), basada en la utilización conjunta de la función de producción del cultivo en relación con el agua (el empleo de la función de STEWART *et al.*, (1977) ofrece un grado de precisión suficiente, contrastado en diferentes trabajos), y en la función de distribución del agua por el sistema de riego. La función de distribución de agua por el sistema de riego que mejor se ajusta es la función normal para riego por aspersión y localizado (WU, 1986; DUKE *et al.*, 1991; ANYOJI y WU, 1994; TARJUELO, 1995; VALIENTE, 1995). Así, en la figura 4 se puede ver cuál es la distribución normalizada del reparto de agua con un sistema de

riego por aspersión respecto al porcentaje de área regada. La curva que proporciona la relación entre la lámina de agua aplicada y el porcentaje de área que recibe esa cantidad de agua o más se ve modificada según el Coeficiente de Uniformidad (CU) que caracterice el sistema de riego, tal como se puede observar en la figura 4.

La función de producción del cultivo con el agua se relaciona con las característi-

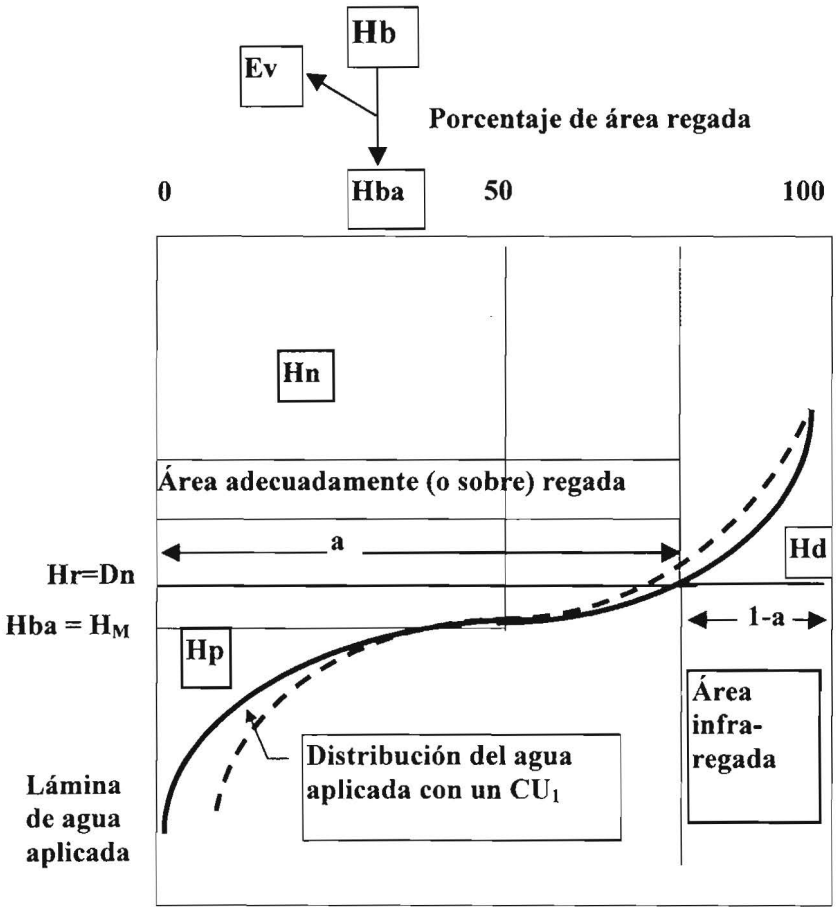


Figura 4. Curva de distribución normalizada. Siendo: Hb=lámina de riego bruta descargada por el sistema; Ev=pérdidas durante el proceso de riego (evaporación y arrastre); Hba=lámina de agua aplicada al terreno; Hn=lámina neta que queda almacenada en la zona radicular; Hd=lámina media de déficit en la zona infra-regada; Hp=lámina media percolada en la zona sobre-regada; Hr=lámina requerida por el cultivo; a=porcentaje de área adecuadamente o sobre-regado; y CU=coeficiente de uniformidad del sistema de riego. La línea discontinua representa la distribución de agua acumulada para un CU menor que CU_1.

cas de la aplicación del riego, mediante el coeficiente de uniformidad, pudiendo cuantificar el efecto final sobre el rendimiento de los cultivos (ORGAZ *et al.*, 1992; MANTOVANI, 1993; DE JUAN *et al.*, 1996). En la ecuación 3 podemos ver cuál es la función de producción integrada, en la que se considera la influencia del coeficiente de uniformidad, a través del efecto del área mal regada, sobre la producción del cultivo.

$$1 - y/y_m = k_y C_d (1 - p) \quad (3)$$

Siendo: y=rendimiento real; y_m=rendimiento agrícola máximo; k_y=factor de sensibilidad al déficit hídrico; C_d=coeficiente de déficit (lámina media de déficit/lámina requerida por el cultivo); y p=proporción de aportes de agua distintos al riego respecto a la ET.

Como punto de partida para el proceso de optimización, además de los datos referentes al sistema de riego (CU), se requiere en cada cultivo una estructura de costes totales integrada por los siguientes componentes (DE JUAN *et al.*, 1996):

– Costes directos de producción (CD), desglosados en costes externos (fertilizantes, semillas y productos fitosanitarios), costes calculados (mano de obra, tracción y maquinaria) y costes estimados (seguros, secado, etc.). Se determinan como consecuencia de la valoración de los itinerarios técnicos definidos para cada uno de los cultivos y escenarios productivos considerados. A estos costes, de cara a determinar los costes totales, se le deben sumar los costes financieros, generados como consecuencia del capital circulante necesario para la producción agrícola dentro de la explotación.

– Costes *"variables"* (CVa), calculados como producto del volumen de agua aplicada con el riego por el coste del m^3, al ser el agua la variable cuyo uso pretendemos optimizar. Los costes de aplicación del agua de riego incluyen todos los costes inherentes a su aplicación (precio del recurso, mano de obra, coste de energía, etc.).

Como ingresos brutos se han considerado el producto principal de la actividad agrícola y los posibles subproductos mercadeables, multiplicando sus rendimientos por el precio de los mismos, estimados en función de una serie temporal de precios. También se incluyen en el precio las ayudas y subvenciones de la PAC, siempre que los cultivos estén dentro de su normativa y con las peculiaridades de aplicación en la zona de estudio.

Con todo ello se determina el margen bruto, como diferencia entre ingresos y costes, para realizar sobre esta variable el proceso de optimización. El margen bruto para cada escenario planteado (cultivo, coste de aplicación del agua, coeficiente de uniformidad, etc.), evoluciona con respecto a la lámina de riego aplicada de forma análoga a lo que ocurre en el caso que se presenta en la figura 5. En ella se puede apreciar una lámina de riego correspondiente a un margen bruto claramente máximo, que es la lámina de riego óptima para este cultivo, inferior a la lámina necesaria para la máxima producción (figura 1), lo cual constituye una conclusión válida para la mayoría de los cultivos y escenarios contemplados (ORTEGA *et al.*, 1997).

Optimización de la alternativa de cultivos

En esta fase se realizará el análisis de alternativas de cultivo mediante las técnicas de Programación Lineal (KUMAR y KHEPAR, 1980; HUSAR, 1987; KING y BUSCH, 1993; MANNOCHI y MECARELLI, 1994), una vez definidos sus itinerarios técnicos y los gas-

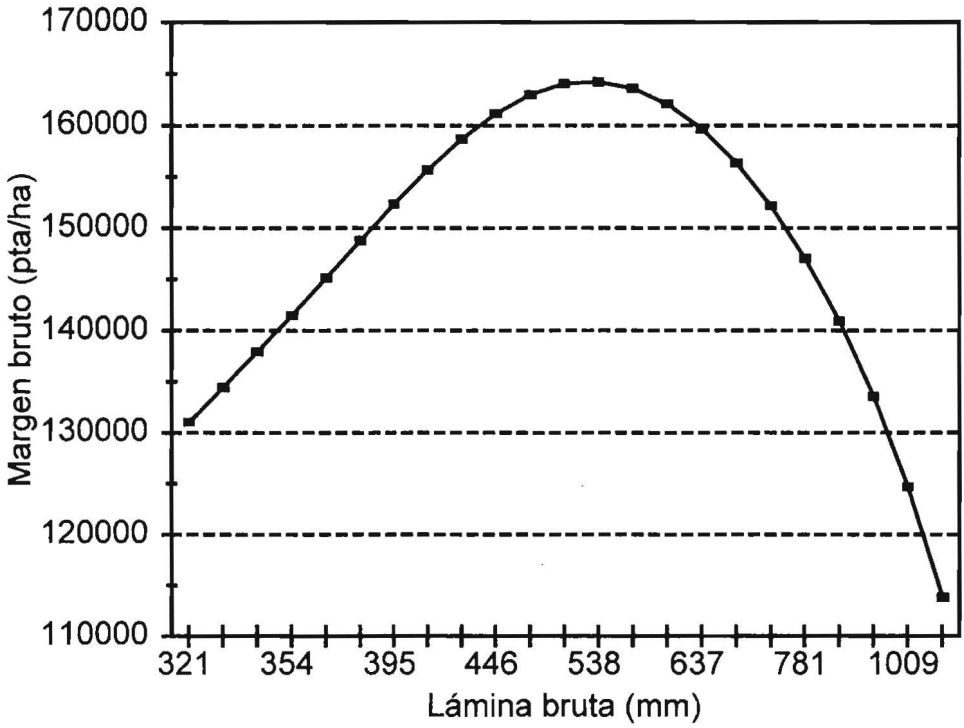


Figura 5. Evolución del margen bruto en función de la lámina de riego en el cultivo de maíz en la provincia de Albacete, considerando: CU=85%; coste de aplicación del agua=10 pta m^{-3} y un precio de venta del producto de 25 pta kg^{-1}.

tos e ingresos asociados a cada cultivo a través del modelo descrito en el epígrafe anterior, para llegar a identificar la alternativa que conduce al óptimo económico. Para ello hay que tener en cuenta las restricciones particulares de cada escenario considerado, es decir, sus características agronómicas, edáficas, climáticas, de disponibilidad hídrica, de mano de obra o maquinaria, etc. En la mayoría de los casos, el factor más limitante y cuya importancia domina el análisis es la disponibilidad hídrica asociada a cada explotación agrícola.

Se proporciona un procedimiento, articulado en un programa informático, para evaluar soluciones alternativas en distintos supuestos de disponibilidades de agua y otros recursos, en diferentes escenarios climáticos, con el objetivo de definir el plan de producción que proporcione el máximo beneficio económico, cuantificando el nivel de riesgo implícito a él. Este nivel de riesgo se determina como la diferencia entre un objetivo productivo y los valores inferiores registrados para cada uno de los años de la serie climática que se analice, que constituye el modo de introducir la variabilidad climática en el modelo de ayuda a la toma de decisiones. Así, el agricultor podrá considerar este efecto de cara a la planificación de

su actividad productiva para próximas campañas. El modelo puede adaptarse para dar respuesta a la problemática concreta de diferentes explotaciones consideradas individualmente.

En cualquier caso, este modelo de ayuda a la toma de decisiones se encuentra, dentro de diferentes proyectos de investigación, en una profunda fase de revisión y actualización, de modo que entre las alternativas productivas a considerar se introduzca el secano, como una actividad que en determinadas condiciones de restricción de agua puede ser una solución interesante (especialmente en regiones semihúmedas), también se tratará de introducir la variabilidad de precios como una forma importante de analizar el riesgo implícito a las diferentes alternativas posibles. Este camino de mejora quiere alcanzar también al propio proceso de optimización, introduciendo técnicas de decisión multicriterio (ROMERO, 1993; SÁNCHEZ MADRID *et al.*, 1997; LÓPEZ *et al.*, 1997; MORENO, 1997), que permitan aproximarse a la mejor solución entre diferentes objetivos en conflicto (beneficio, riesgo, etc.).

Es importante indicar que este enfoque es esencial en la planificación productiva del regadío de cara a conseguir una auténtica optimización de los recursos disponibles, planteando las alternativas más interesantes en cada caso y las láminas de riego a aplicar, contemplando la posibilidad de realizar riegos deficitarios controlados. Este planteamiento constituye un camino abierto a emprender por los SAR.

Futuro del SAR de Albacete

En la actualidad el SAR de Albacete está ofreciendo un importante servicio a la agricultura de la provincia, pero es obvio que necesita mejoras y que puede servir de guía para la actividad de nuevos servicios.

Una de las primeras mejoras, ya planteada a lo largo del texto, es la conveniencia de disponer de una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas y conectadas por "modem" con un ordenador central, que permita una buena subzonificación de las necesidades hídricas de los cultivos.

Se tiene que continuar el estudio del comportamiento de las diferentes especies cultivadas existentes en la zona, las cuales indudablemente irán modificándose a lo largo del tiempo. En este sentido, cobra especial interés la incorporación al servicio de especies leñosas, al menos en un primer momento vid, olivo y almendro, para luego abarcar más cultivos. Se abordará con especial interés su comportamiento ante estrategias de riego deficitario controlado, basado en la idea de reducir los aportes hídricos en aquellos períodos en los que un déficit hídrico controlado no afecta sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha; y, cubrir plenamente la demanda durante el resto del ciclo (MITCHELL *et al.*, 1984; CHALMERS *et al.*, 1985). Así, se están desarrollando nuevos proyectos de investigación, en colaboración entre el ITAP y la Universidad de Castilla-La Mancha, que deberán ofrecer a corto o medio plazo los resultados necesarios para el funcionamiento de un SAR con especies leñosas. De forma análoga se tiene que continuar caracterizando el funcionamiento de los sistemas de riego, su mejora por parte de los agricultores es constante (emisores, condiciones de trabajo, etc.), y estos datos deben ser tenidos en cuenta por el SAR.

Para facilitar la tarea de la programación de riegos se ha desarrollado un programa informático de sencillo manejo, que en

estos momentos está contrastándose por técnicos del SAR, con la intención de difundirlo entre los agricultores que lo soliciten. La finalidad de este programa es la realización de un calendario de riegos en función de las necesidades de los cultivos y las tarifas eléctricas contratadas en cada explotación, de forma que se optimice la programación de riegos, tanto desde el punto de vista de los volúmenes de agua empleados, como de los costes energéticos implícitos al proceso.

Todo esto, junto a la necesaria plantilla de técnicos para realizar el seguimiento de cultivos en diferentes zonas y poder dar un servicio personalizado a las SAT, CR y a agricultores concretos, hace que los presupuestos requeridos sean importantes. Por tanto, en la medida de lo posible debe aprovecharse la estructura generada por el SAR para, sin incrementos exagerados de sus costes, ofrecer otra serie de servicios, entre los que podríamos destacar:

- Atención especial a las explotaciones, cada vez más numerosas, con recursos de agua restringidos, donde aspectos como las especies a cultivar y los riegos deficitarios pueden ser decisivos.

- Generalizar las parcelas sobre las que se realiza un control de la programación de riegos seguida, como forma de demostrar su bondad y para corregir posibles desequilibrios de la misma.

- Plantear nuevos servicios y desarrollar otros paralelos al SAR, como el servicio de asesoramiento a la fertilización, que comenzó a funcionar puntualmente en el año 1990, que permite ayudar a los agricultores en el manejo de otro factor productivo importante, tanto económica como ambientalmente y, estrechamente relacionado con el riego. Los niveles de nitratos en nuestros acuíferos también están aumentando y los riesgos ambientales de una fertilización mal planificadas son evidentes.

- Colaborar con el agricultor, informándole, en la mejora y modernización de su sistema de riego.

- Constituirse en el embrión de un servicio global de ayuda a la agricultura de la zona, tratando de asesorar en los aspectos técnicos cruciales, en estrecha colaboración con la Universidad regional en su labor investigadora.

Bibliografía

ANSI/ASAE STANDARS S436, 1995. Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot, corner pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles.

ANYOJI H., WU I.P., 1994. Normal distribution water application for drip irrigation schedules. Trans. of ASAE., 37, 1, 159-164.

ASAE STANDARD S330.1, 1987. Procedure for sprinkler distribution testing for research purposes.

CHALMERS D.J., MITCHELL P.D., JERIE P.H., 1985. The relations between irrigation, growth and productivity of peach trees. Acta Hortic. 173, 283-288.

COSCULLUELA F., FACI J.M., 1992. Obtención de la función de producción del maíz (*Zea mays* L.) respecto al agua mediante una fuente lineal de aspersión. Inv. Agr.: Prod. Prot. Veg., 7, 2, 169-194.

DE JUAN J.A., SANTA OLALLA F.J., 1985. Evapotranspiraciones máximas en los cultivos de maíz grano y girasol oleaginoso. IV Jornadas Técnicas de Riego. 10-12 diciembre. Murcia, España.

DE JUAN J.A., SANTA OLALLA F.J., 1993a. Cálculo y estimación de la evapotranspiración. 373-446. En: SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A. (coords.). Agronomía del Riego. Ed. Mundi-Prensa y Universidad de Castilla-La Mancha. Madrid, España.

DE JUAN J.A., SANTA OLALLA F.J., 1993b. El estrés hídrico en las plantas. 125-238. En: SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A. (coords.). Agronomía del Riego.

Ed. Mundi-Prensa y Universidad de Castilla-La Mancha. Madrid, España.

DE JUAN J.A., TARJUELO J.M., VALIENTE M., GARCÍA P., 1996. Model for optimal cropping patterns within the farm based on crop water production function and irrigation uniformity. I: Development of a decision model. Agric. Water Mngt., 31, 115-143.

DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrig. Drain. Pap. 24, FAO, Rome, Italy.

DOORENBOS J., KASSAM A.H., 1981. Yield response to water. Irrig. Drain., Paper 33, F.A.O., Rome, Italy.

DUKE H.R., HEERMANN D.F., DAWSON L.J., 1991. Selection of appropriate depth from centre pivot. ASAE Summer Meeting Paper 91-2052, St. Joseph, MI, USA.

F.A.O., 1994. Irrigation water delivery models. Water Reports, 2. F.A.O., Rome, Italy.

HUSAR J., 1987. Ahorro de agua en explotaciones con riego gracias a una optimización de la producción respetando los regímenes de agua. Riegos y Drenajes XXI, 18, 31-38.

IDSO S.D., JACKSON R.D., REGINATOR J., 1977. Remote sensing of crop yields. Science, 196, 19-25.

ISO 11545, 1994. Agricultural irrigation equipment – center pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles- Determination of uniformity of water distribution.

ISO 7749/1, 1986. Norme internationale. Matériel d'irrigation. Asperseurs rotatifs. Partie 1: Exigences de conception et de fonctionnement.

ISO 7749/2, 1990. Norme internationale. Matériel d'irrigation. Asperseurs rotatifs. Partie 2: Uniformité de la distribution et méthodes d'eassi.

ITAP, 1997. Inventario provincial de regadíos. Documento interno.

KING B.A., BUSCH J.R., 1993. Computer model for on-farm irrigation system planning. Agric. Water Mngt., 24, 239-248.

KUMAR R., KHEPAR S.D., 1980. Decision models for optimal cropping patterns in irrigation based on crop water production functions. Agric. Water Mngt., 3, 65-76.

LÓPEZ DE PABLO M., CALATRAVA J., CAÑERO R., 1997. La desestacionalización del uso de mano de obra como estrategia productiva en la horticultura almeriense: viabilidad y coste de oportunidad. Inv. Agr.: Economía (en prensa).

MANNOCHI F., MECARELLI P., 1994. Optimization analysis of deficit irrigation systems. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE., 120, 494-503.

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 del riego sobre la producción de cultivos. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

MERRIAN J.L., KELLER J., 1978. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. UTAH State University. Logan, USA.

MERRIAN J.L., SHEARER M.N., BURT C.M., 1980. Evaluating irrigation systems and practices, 721-760. In: JENSEN M.E., 1980. Desing and operation of farm irrigation systems. ASAE monograph 3.

MITCHELL P.D., JERIE P.H., CHELMERS D.J., 1984. Effects of regulated water deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109, 604-606.

MONTERO J., ORTEGA J.F., TARJUELO J.M., HONRUBIA F.T., 1997. Análisis de las pérdidas por evaporación y arrastre en riego por aspersión. XV Congreso Nacional de Riegos, 25-27 junio. Lleida, España.

MORENO J.M., 1997. Priorización y toma de decisiones ambientales. Actas I Encuentro Iberoamericano sobre Evaluación y Decisión Multicriterio. 113-145. Santiago de Chile, Chile.

ORGAZ F., MATEOS L., FERERES E., 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. Agron. J., 84, 700-706.

ORTEGA J.F., DE JUAN J.A., TARJUELO J.M., VALIENTE M., SAJARDO E., 1997. Gestión del consumo de agua en la explotación agrícola. Modelo económico de optimización del uso del agua: aplicación a una zona subhúmeda. XV Congreso Nacional de Riegos, 25-27 junio. Lleida, España.

PEREIRA L.S., PERRIER A., AIT KADI M., KABAT P., 1992. Crop-water models, special issues of the ICID Bulletin 41, 2.

ROMERO C., 1993. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Ed. Alianza Editorial Textos, Madrid, España.

SÁNCHEZ MADRID F.J., GÓMEZ-LIMÓN J.A., RODRÍGUEZ A., 1997. Determinación de la curva de demanda del agua de riego en base a una metodología multicriterio. XV Congreso Nacional de Riegos, 25-27 junio. Lleida, España.

SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A., 1993. La programación de riegos. 550-595. En: SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A. (coords.). Agronomía del Riego. Ed. Mundi-Prensa y Universidad de Castilla-La Mancha. Madrid, España.

SANTA OLALLA F.J., DE JUAN J.A., TARJUELO J.M., 1992. Respuesta al agua en cebada, girasol y maíz. Ed. Universidad de Castilla-La Mancha e ITAP. Albacete, España.

SMITH M., 1992. CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management. Irrig. And Drain. Paper 46, F.A.O., Rome, Italy.

STEWART J.I., HAGAN R.M., PRUITT W.O., KANKS R.J., RILEY J.P., DANILSON R.E., FRANKLIN W.T., JACKSON E.B., 1977. Optimizing crop production though control of water and salinity levels, September. Utah Water Res. Lab. PRWG 151-1, USA.

TARJUELO J.M., 1995. El riego por aspersión y su tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

TARJUELO J.M., DE JUAN J.A., VALIENTE M., GARCÍA P., 1996. Model for optimal cropping patterns within the farm based on crop water production functions and irrigation uniformity. II: A case study of irrigation scheduling in Albacete, Spain. Agr. Water Mngt. 31, 145-163.

TOPP G.C., DAVIS J.L., 1985. Time-domain reflectometry (TDR) and its application to irrigation scheduling. Adv. Irrig., 3, 107-127.

UNE 68-072-86. Aspersores rotativos. Requisitos generales y métodos de ensayo.

VALIENTE M., 1995. Metodología para la evaluación y mejora del reparto de agua con aspersores de tamaño medio en la zona de Albacete. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, E. T. S. Ingenieros Agrónomos. Madrid, España.

VILLALOBOS F.J., 1992. Los servicios de asesoramiento de riegos y las necesidades hídricas de los cultivos. X Jornadas Técnicas sobre Riegos, 26-28 mayo. Albacete, España.

VILLALOBOS F.J., FERERES E., 1987. Necesidades hídricas de los cultivos y programación de los riegos en las Vegas Bajas del Guadiana. S.I.A., Junta de Extremadura, Badajoz, España.

WU I.P., 1986. International Symposium on Agricultural Engineering Papers. January 20-24. Pretoria, South Africa: I. 245-253.

(Aceptado para publicación el 20 de diciembre de 1997)

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO (AIDA)

LA PAC EN EL COMIENZO DEL NUEVO SIGLO

12, 13 y 14 de mayo de 1998, Zaragoza

Coordinador de las jornadas: Luis Miguel Albisu

Ponentes invitados para las conferencias:

– De Instituciones Internacionales

Allen Buckwell
• Universidad de Londres

Tomás García Azcárate
• Comisión Europea

Albert Massot
• Parlamento Europeo

– De Instituciones Nacionales

Luis Miguel Albisu
• Diputación General de Aragón

Eduardo Diez Patier
• Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

José M.ª García Álvarez-Coque
• Universidad de Valencia

Mesa Redonda

Técnicos cualificados de las principales organizaciones y Sindicatos Agrarios.

Cuotas, asistencia y documentación

Asociados A.I.D.A[1] ..... 10.000 ptas.
No asociados ..... 22.000 ptas.
Estudiantes ..... 11.000 ptas.
Inscripción Jornadas + Cuota de nuevo socio
Realizadas en 1998 ..... 17.000 ptas.

Sólo Documentación (por correo)
Asociados A.I.D.A. ..... 4.000 ptas.
No asociados ..... 8.000 ptas.

La inscripción da derecho a: Asistencia al Congreso, Documentación, 2 comidas de trabajo y 3 cafés.

La forma de pago se hará mediante transferencia bancaria a la c/c n.º 2608 0002 12 33002548/19 de la Agencia Urbana n.º 2 de la Caja de Ahorros de la Inmaculada (P.º Fernando El Católico, 42. 50.009 - ZARAGOZA), a nombre de Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (A.I.D.A.). Se admiten Visa y Mastercard. Se ruega adjuntar a la hoja de inscripción el resguardo de la transferencia.

Información: Dña. Mercedes Ferruz
Secretaría
SIA - DGA.
Crta. Montañana, 176
Apdo. 727 50080 ZARAGOZA - ESPAÑA
Teléfono: 976 57 63 14 - Fax: 976 57 55 01
Correo electrónico: <ferruz@mizar.csic.es>

1. Se consideran asociados de pleno derecho aquellos que estén dados de alta en AIDA con fecha anterior al 31 de diciembre de 1997.

CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 1996-97-98

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	TÉCNICAS DE MARCADORES MOLECULARES PARA LA EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA Y MEJORA DE CULTIVOS	15-26 Sep. 96	Aleppo	ICARDA/IAMZ
	*CURSO SUPERIOR DE MEJORA GENÉTICA VEGETAL	1 Oct. 96/ 6 Jun. 97	Zaragoza	IAMZ
	PRODUCCIÓN DE HIGOS	16-28 Jun. 97	Izmir	IAMZ/EUFA
	TÉCNICAS DE MARCADORES MOLECULARES PARA LA MEJORA DE CULTIVOS	14-15 Sep. 97	Aleppo	ICARDA/PNUD/ IAMZ
	BIOLOGÍA Y CONTROL DE MALAS HIERBAS EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	15-26 Sep. 97	Zaragoza	IAMZ/EWRS
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	Oct. 97/ Mayo 98	Córdoba	UCO/CA-JAC/CSIC INIA/COI/IAMZ
	MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE CULTIVARES	3-14 Nov. 97	Zaragoza	IAMZ/CIMMYT/ ICARDA
	AGRICULTURA SOSTENIBLE: GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE ZONAS SEMIÁRIDAS	9-20 Mar. 98	Zaragoza	IAMZ/ICARDA
	DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS Y DE GRANO ADAPTADAS A CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	20-30 Abr. 98	Córdoba	IAMZ/CLIMA/IAS
	PRODUCCIÓN Y ECONOMÍA DE FRUTOS FRUTOS SECOS	18-29 Mayo 98	Adana	IAMZ/ Univ. Çukurova
PRODUCCIÓN ANIMAL	CONTROL DE CALIDAD DEL PESCADO Y DE LOS PRODUCTOS DE LA PESCA	7-11 Oct. 96	Barcelona	IAMZ/UAB/ CE(DGXIV)
	APLICACIÓN DE MÉTODOS CUANTITATIVOS EN EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA	14-25 Oct. 96	Zaragoza	IAMZ/EPIDECON/ PHLO-WAU
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJO	13-24 Ene. 97	Zaragoza	IAMZ
	CONTROL SANITARIO DE EXPLOTACIONES ACUÍCOLAS	27 Ene./ 7 Feb. 97	Udine	IAMZ/IZSV/FAO
	VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE OVINOS Y CAPRINOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA, TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE MERCADO	24 Feb./ 7 Mar. 97	Pamplona	IAMZ/UPNA
	DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DE LAS ABEJAS	19-30 Mayo 97	Túnez	IAMZ/IRVT
	*CURSO SUPERIOR DE PRODUCCIÓN ANIMAL	29 Sep. 97/ 12 Jun. 98	Zaragoza	IAMZ
	*ACUICULTURA	6 Oct. 97/ 27 Mar. 98	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	ACUICULTURA MEDITERRÁNEA: CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES	20-24 Oct. 97	Zaragoza	IAMZ
	PRODUCCIÓN CAPRINA	2-13 Feb. 98	Murcia	IAMZ/CRIA-GRM
	ACUICULTURA MEDITERRÁNEA: NUEVAS TÉCNICAS PARA CRIADEROS MARINOS	23 Feb./ 6 Mar. 98	Mazarrón	IAMZ/IEO
	TÉCNICAS AVANZADAS DE ANALISIS ESTADÍSTICO DE DATOS EXPERIMENTALES EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL	25-29 Mayo 98	Zaragoza	IAMZ/ICARDA

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	BASES LIMNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DE LOS CAUDALES Y LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS	9-20 Sep. 96	Zaragoza	IAMZ/ Univ. Barcelona
	*CURSO SUPERIOR DE ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	1 Oct. 96/ 6 Jun. 97	Zaragoza	IAMZ
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	10-21 Feb. 97	Zaragoza	IAMZ
	DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LAS REGIONES AGRICOLAS MEDITERRÁNEAS: IMPACTO Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	12-23 Mayo 97	Meknès	IAMZ/ENA Meknès/ ICARDA
	EVALUACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS EN EL MEDITERRÁNEO	26-30 Mayo 97	Palma de Mallorca	IAMZ/IEO/ FAO-COPEMED
	GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	24 Nov./ 5 Dic. 97	Zaragoza	IAMZ
	ASIGNACIÓN DE USOS Y PRECIOS DEL AGUA. CRITERIOS DE DECISIÓN	12-23 Ene. 98	Zaragoza	IAMZ
	ANÁLISIS CUANTITATIVO INTEGRADO DE AGRO-ECOSISTEMAS	16-27 Feb. 98	Zaragoza	IAMZ/WAU
	DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES	4-15 Mayo 98	Zaragoza	IAMZ/MIMAM/FAO
COMERCIALIZACIÓN	MODELIZACIÓN ECONOMÉTRICA DE LOS MERCADOS AGRARIOS	11-22 Nov.. 96	Adana	IAMZ/ Univ. Çukurova
	ESTABLECIMIENTO Y GESTIÓN DE EMPRESAS ACUÍCOLAS	11-15 Nov. 96	Zaragoza	IAMZ
	MARKETING INTERNACIONAL DE PRODUCTOS AGRARIOS MEDITERRÁNEOS	9-20 Dic. 96	Zaragoza	IAMZ
	LA CALIDAD EN LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	10-21 Mar. 97	Zaragoza	IAMZ
	DISTRIBUCIÓN AGROALIMENTARIA	7-18 Abr. 97	Zaragoza	IAMZ
	DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO	5-16 Mayo 97	Zazagoza	IAMZ
	*CURSO SUPERIOR DE COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS AGRARIOS Y ALIMENTARIOS	29 Sep. 97/ 12 Jun. 98	Zaragoza	IAMZ

(*) Los cursos de larga duración se desarrollan cada dos años en las áreas de:

- MEDIO AMBIENTE: 96-97/98-99
- PRODUCCIÓN VEGETAL
  - MEJORA GÉNETICA VEGETAL: 96-97/98-99
  - OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 97-98/99-00
- PRODUCCIÓN ANIMAL
  - PRODUCCIÓN ANIMAL: 97-98/99-00
  - ACUICULTURA: 97-98/99-00
- COMERCIALIZACIÓN: 97-98/99-00

Los cursos de larga duración 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. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Olivicultura y Elaiotecnia y Acuicultura finaliza el 1 de Mayo de 1997. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Producción Animal y Comercialización de Productos Agrarios y Alimentarios finaliza el 15 de Mayo de 1997. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Mejora Genética Vegetal finaliza el 15 de Mayo de 1998.

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.

Para mayor información dirigirse a: **Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza**
Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Teléfono 976 57 63 13 - Fax 976 57 63 77 - e-mail:iamz@ciheam.mizar.csic.es

INSCRIPCIÓN EN A.I.D.A.

* 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 A.I.D.A. 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 } 3.500 ptas.

❑ Ambas Series 5.000 ptas.

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario
❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:

□□□□□□□□□□□□□□□□

Fecha de caducidad: ..... / .....

SR. DIRECTOR DE .....

Muy Sr. mío:

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

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

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

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....

INFORMACIÓN PARA AUTORES

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

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

CONDICIONES GENERALES

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

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

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

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

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

ITEA

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

AÑO XXVIII (1997), Vol. 93V N.º 3

ÍNDICE

Página

S. MORENO, Y. GOGORCENA, J. MARÍA ORTIZ.- Progresos en la caracterización y mejora de la vid (*Vitis vinifera* L.) mediante marcadores moleculares 135

V. HERNÁNDEZ HERANANDEZ, P. CANO RÍOS.- Identificación del agente causal de la cenicilla del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera 156

R. SOCIAS I COMPANY, A.J. FELIPE, J. GÓMEZ APARISI, J.E. GARCÍA, F. DICENTA.- El concepto del ideotipo en la mejora de cultivares de almendro 164

M. SANZ, J. PASCUAL, J. MACHÍN.- Predicción mediante análisis floral de la clorosis férrica en melocotonero. Corrección e influencia en la calidad del fruto..... 177

J.F. ORTEGA, J.M. TARJUELO, J.A. DE JUAN, H. LÓPEZ, D. FERNÁNDEZ.- Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete . 183