ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

1999 – Vol. 95V N.º 2



I T E A

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

1999 - AÑO XXX Vol. 95V N.º 2	**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
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
Clara Marín Alcalá
Juan A. Marín Velázquez
Luis Pérez y Pérez
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Carlos Zaragoza Larios

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

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

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

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

Suscripciones y Distribución

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

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

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 111-117

'BLANQUERNA' 'CAMBRA'Y 'FELISIA'. TRES NUEVOS CULTIVARES AUTÓGAMOS DE ALMENDRO

R. Socias i Company
A.J. Felipe

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

RESUMEN

Se describen tres nuevos cultivares de almendro procedentes del programa de mejora genética del SIA de la DGA que se caracterizan por su autogamia, lo que permite su cultivo en plantaciones monovarietales, así como por la ausencia de pepitas dobles en su fruto. Sus distintas épocas de floración las hacen recomendables para distintas zonas de cultivo. Así mismo, las características de la pepita ofrecen distintas posibilidades comerciales.

Palabras clave: Almendro, Autogamia, Cultivar, Mejora, *P. amygdalus* Batsch.

SUMMARY
'BLANQUERNA', 'CAMBRA' AND 'FELISIA'. THREE NEW AUTOGAMOUS ALMOND CULTIVARS.

Three new almond cultivars obtained at the almond breeding programm of the SIA-DGA are described. They are characterized by their autogamy, thus allowing their planting in solid blocks, as well by their fruits with no double kernels. Their different blooming dates recommend each one for different growing regions. Their kernel characteristics will also offer different commercial possibilities.

Key words: Almond, Autogamy, Breeding, Cultivar, *P. amygdalus* Batsch.

Introducción

Desde el inicio de los trabajos sobre el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) en 1966 en el llamado entonces Departamento de Hortofruticultura del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro del INIA, se detectó que el mayor problema de la producción del almendro en España residía en el bajo nivel de cosecha, con una productividad que no alcanzaba los 125 kg/ha, lo que en muchas ocasiones no es suficiente para cubrir los costes fijos del cultivo (FELIPE, 1984).

Esta baja producitividad se debe fundamentalmente a dos causas: las heladas y la deficiente polinización. La incidencia de las heladas es importante en todas las zonas de cultivo del interior e intermitentemente también en algunas zonas de la costa, por lo que la floración tardía fue un carácter

que se reveló de gran interés, dado el peligro de las heladas para una especie de floración tan temprana como el almendro. Así uno de los primeros pasos que se dieron al iniciarse los trabajos fue el de establecer una colección varietal en la que se propuso introducir los cultivares de floración tardía de las distintas zonas de cultivo, en particular del extranjero (Francia, Italia y la entonces Unión Soviética). La floración tardía tiene dos ventajas principales. La primera es que el retraso de la floración permite a los árboles escapar a la totalidad o a la mayoría de las heladas tardías. La segunda es que con ello la floración transcurre cuando las temperaturas son más benignas y, por tanto, más favorables para el proceso de la polinización y la fecundación de las flores.

Igualmente se detectó que un problema muy grave para la producción era una polinización deficiente, debido a los problemas de falta de coincidencia de floración, como se observó entre los dos cultivares españoles más importantes, 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', así como a la poca presencia de insectos polinizadores y a las frecuentes condiciones atmosféricas inadecuadas para su vuelo. Por ello se consideró la necesidad de la autocompatibilidad en la mejora del almendro, ya que elimina la necesidad de que otros cultivares estén presentes y florezcan al mismo tiempo para que se pueda producir el intercambio de polen, puesto que las flores de un cultivar autocompatible pueden ser fecundadas por su propio polen o por el polen de otras flores del mismo cultivar.

Agrava la situación de bajas productividades en España el hecho de que se hayan cultivado tradicionalmente un gran número de cultivares, todos ellos procedentes de la selección empírica y pocos de ellos, como 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', son realmente de calidad, aunque de floración temprana.

Para resolver estos problemas se inició en 1974 un programa de mejora genética (FELIPE y SOCIAS i COMPANY, 1985) al mismo tiempo que los ensayos de polinización de los cultivares de floración más tardía de la colección (HERRERO *et al.*, 1977) permitieron detectar la presencia de algunos autocompatibles (HERRERO y FELIPE, 1975). Los primeros trabajos de selección y mejora llevaron al registro de tres cultivares, 'Guara', 'Aylés' y 'Moncayo' (FELIPE y SOCIAS i COMPANY, 1986) pero el programa de mejora genética siguió adelante ya que ninguno de estos cultivares cumplía con todos los requisitos deseables en un cultivar, que a menudo son variables según la zona de cultivo (SOCIAS i COMPANY *et al.*, 1997).

Describimos a continuación tres nuevos cultivares procedentes del programa de mejora genética, con diferentes épocas de floración (fig. 1) y tipos de pepita, pero con dos características comunes: los tres son autógamos (por lo que no requieren ninguna intervención externa para su correcta polinización y por lo tanto para la producción de una cosecha comercial) y producen frutos sin pepitas dobles.

Origen de los nuevos cultivares

Los tres nuevos cultivares proceden de polinizaciones artificiales o naturales, siguiendo los procesos tradicionales en un programa de mejora genética (SOCIAS i COMPANY y FELIPE, 1987). Los frutos se estratificaron y se plantaron en una cajonera, previo su transplante a una parcela definitiva en la que se estudiaron las primeras características para proceder a su cribado

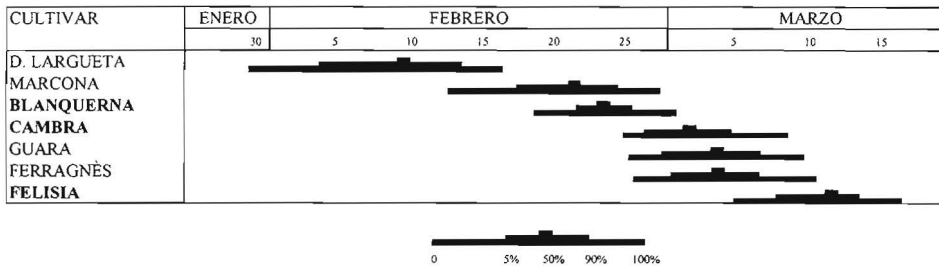


Figura 1. Epoca de floración de los nuevos cultivares en relación con otros conocidos. Media 1994-1998. Los porcentajes se refieren a la cantidad de flores abiertas

en el proceso de selección. Los primeros caracteres a considerar fueron su autocompatibilidad, su época de floración, los caracteres morfológicos del fruto y de la planta, la calidad del fruto... Una vez seleccionadas las mejores plantas se pasaron a colección de estudio para proceder a ensayar la eficacia de su autopolinización (BEN NJIMA y SOCIAS i COMPANY, 1995a y b), las características morfológicas y bioquímicas (BERNAD y SOCIAS i COMPANY, 1994), las características de la flor y la floración (BERNAD y SOCIAS i COMPANY, 1995) y la densidad floral (BERNAD y SOCIAS i COMPANY, 1998).

'Blanquerna' procede de la polinización libre de 'Genco'. Este cultivar italiano es probablemente el de mayor calidad entre los autocompatibles de la región de la Apulia, pero ha sido poco utilizado en los programas de mejora genética por su época de floración media, mientras que 'Tuono' ha sido ampliamente utilizado por su floración tardía. Por ello 'Blanquerna' es de época de floración media y sólo recomendable para su plantación en zonas con poco peligro de heladas. Destaca por su época de maduración muy temprana, lo que permite su recolección en una época de buenas temperaturas para su secado rápido y su comercialización inmediata en buenas condiciones de precio. Su nombre es un homenaje a Mallorca, tierra de origen de uno de los dos obtentores (RSiC), a través de Ramon Llull, filósofo de los siglos XIII-XIV, probablemente el mallorquín más universal y cuya obra más conocida es seguramente la novela filosófica "Blanquerna".

'Cambra' procede del cruzamiento 'Tuono' x 'Ferragnès', habiendo heredado muchas de las buenas características de 'Ferragnès', pero con la autogamia que la caracteriza como un cultivar altamente destacable. Su nombre es un homenaje a Mariano Cambra Ruiz de Velasco (1916-1985), insigne investigador frutícola, amplio conocedor de todas las especies frutales y pionero en el estudio de la polinización del almendro (CAMBRA, 1954).

'Felisia' procede del cruzamiento 'Titan' x 'Tuono'. 'Titan' es un cultivar de origen californiano que le ha transmitido un alelo de floración tardía (SOCIAS i COMPANY *et al.*, 1999) que hace que este cultivar sea el registrado más tardío en floración. Su nombre es un homenaje a uno de los dos obtentores (AJF) y al lugar en el que se ha desarrollado el trabajo, el Servicio de Investigación Agroalimentaria (SIA).

Descripción

Como ya se ha indicado, el mayor interés de estos nuevos cultivares radica en su autogamia, que las libera de cualquier dependencia externa para su polinización. Ello permite las plantaciones monovarietales, lo que facilita enormemente el manejo de la plantación frente a la presencia de diferentes cultivares en una misma plantación. Igualmente no dependen de la presencia de insectos polinizadores para que se realice el transporte del polen, por lo que no es necesaria la introducción de colmenas en el momento de la floración ante la gran disminución de las poblaciones silvestres de abejas. Así mismo, las condiciones atmosféricas durante la floración pierden su importancia, ya que no es preciso que sean favorables para el vuelo de las abejas.

Otra característica común a destacar en los tres cultivares es la ausencia de pepitas dobles en el fruto, característica que se considera positiva aunque actualmente hay dispositivos fotoeléctricos que pueden separar las pepitas dobles para su utilización industrial aparte.

Las épocas de floración son distintas, lo que recomienda su plantación en zonas con menor o mayor riesgo de heladas. A pesar de su época de floración tan tardía, la plantación de 'Felisia' sólo es recomendable en los casos en los que los canales comerciales próximos requieran una cantidad determinada de almendras de pequeño calibre.

Blanquerna (figura 2)

Origen: Polinización libre de 'Genco'. Clon 434. Siglas de selección: E-5-7. Nº de registro en el INSPV: 97/187.

Árbol: Porte abierto.

Vigor medio con tendencia a débil.

Flor:

Época de floración: Media, unos dos días después de 'Marcona' y una semana antes que 'Guara'.

Color y tamaño: Blanco, medio a grande.

Localización: Ramilletes de mayo y ramos mixtos.

Densidad: Alta

Polinización:

Autógama, no requiere polinización cruzada. A pesar de florecer unos dos días después de 'Marcona' puede polinizarla.

Fruto:

Consistencia de la cáscara: Dura, sin separarse en capas.

Forma de la pepita: Elíptica.

Rendimiento en pepita: 30 %.

Pepita: Peso medio 1,1 g, sin dobles, de sabor agradable.

Observaciones:

El estigma se encuentra situado entre los estambres.

De floración relativamente temprana, se recomienda para zonas con pocos peligros de heladas.

Muy productiva, se debe evitar su agotamiento.

Muy interesante por su época de maduración muy temprana.

Fácil de formar y podar.

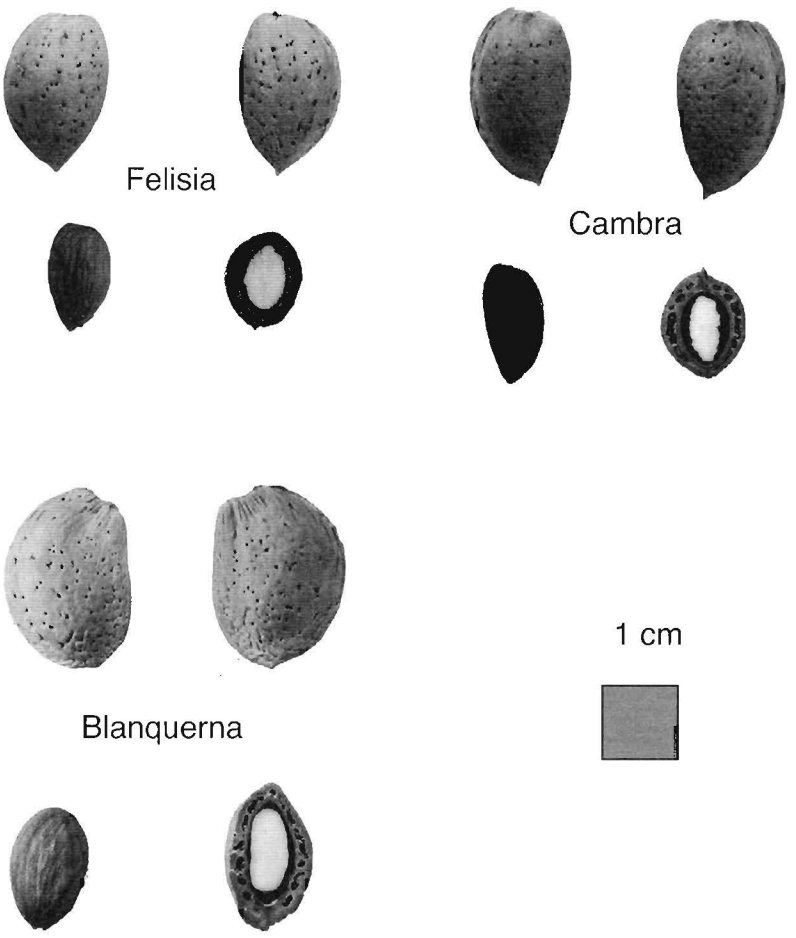


Figura 2. Muestras de frutos de los tres nuevos cultivares

Cambra (figura 2)

Origen: 'Tuono' x 'Ferragnès'. Clon 398. Siglas de selección: A-10-8. N° de registro en el INSPV: 97/186.

Árbol: Porte ligeramente abierto, pero erguido.

Vigor medio.

Flor:

Época de floración: Tardía, con 'Guara' o ligeramente antes.

Color y tamaño: Blanco, medio.

Localización: Ramilletes de mayo y ramos mixtos.

Densidad: Alta

Polinización: Autógama, no requiere polinización cruzada. Puede polinizarse también con 'Guara' y otros cultivares de la misma época de floración.

Fruto:

Consistencia de la cáscara: Dura, a veces se separa en capas.

Forma de la pepita: Amigdaloide.

Rendimiento en pepita: 27 %.

Pepita: Peso medio 1 g, sin dobles, de sabor agradable.

Observaciones:

El estigma se encuentra situado entre los estambres.

De floración tardía, es ligeramente menos resistente a heladas que 'Guara'.

Muy productiva.

Epoca de maduración temprana.

Fácil de formar y podar.

Felisia (figura 2)

Origen: 'Titan' x 'Tuono'. Clon 427. Siglas de selección: D-3-5. Nº de registro en el INSPV: 97/188.

Árbol: Porte ligeramente abierto.

Vigor medio.

Flor:

Época de floración: Muy tardía. Alrededor de una semana después de 'Guara'.

Color y tamaño: Blanco, pequeño.

Localización: Preferentemente ramos mixtos.

Densidad: Media

Polinización: Autógama, no requiere polinización cruzada. Se puede polinizar con los pocos cultivares que la alcancen en floración ('Moncayo', 'Bertina').

Fruto:

Consistencia de la cáscara: Dura, con cierta tendencia a separarse en capas.

Forma de la pepita: Preferentemente elíptica.

Rendimiento en pepita: 35 %.

Pepita: Peso medio 0,85 g, sin dobles, de sabor agradable.

Observaciones:

El estigma se encuentra situado entre los estambres.

De floración muy tardía, es actualmente el cultivar conocido más tardío.

Muy productiva, sin tendencia a la vecería, su pepita pequeña obliga a dedicarla a unos canales comerciales muy determinados.

Fácil de formar y podar.

Agradecimientos

Los largos años de trabajo hasta llegar a estos nuevos cultivares han sido financiados por sucesivos proyectos del INIA y de la CICYT. Se debe agradecer la labor callada y constante del personal auxiliar de la Unidad de Fruticultura en los trabajos de selección y mantenimiento en campo, en particular a Amalia Escota, J.M. Ansón y J. Búbal. El equipo de R. Gella ha realizado la comprobación del estado sanitario. Se agradecen observaciones exteriores a J.L.

Espada (Centro de Técnicas Agrarias, DGA), J. Negueroles (Grupo ALM) y J. Rallo (Conselleria d'Agricultura de les Illes Balears).

Bibliografía

BEN NJIMA N., SOCIAS I COMPANY R., 1995a. Efecto del estilo en la velocidad de crecimiento de los tubos polínicos. Invest. Agrar., Prod. Prot. Veg. 10 (1): 39-45.

BEN NJIMA N., SOCIAS I COMPANY R., 1995b. Characterization of some self-compatible almonds. I. Pollen tube growth. HortScience 30 (2): 318-320.

BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R., 1994. Caracterización morfológica y bioquímica de algunas selecciones autocompatibles de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 90V (2): 103-110.

BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R., 1995. Characterization of some self-compatible almonds. II. Flower phenology and morphology. HortScience 30 (2): 321-324.

BERNAD D., SOCIAS I COMPANY R., 1998. Bud density and shoot morphology in some self-compatible almond selections. Acta Hort. 470: 273-279.

CAMBRA M., 1954. Polinizaciones en almendro 'Desmayo'. An. Estac. Exp. Aula Dei 3 (2): 229-232.

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

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R., 1985. Estado actual de los estudios de material vegetal en España. Almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. Extra 4:223-250.

FELIPE A.J., SOCIAS I COMPANY R., 1986. Nuevas variedades autocompatibles de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 67: 10-15.

HERRERO M., CAMBRA M., FELIPE, A., 1977. Interpolinización de variedades de almendro. An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg. 7: 99-103.

HERRERO M., FELIPE A.J., 1975. Pollinisation de l'amandier. Incompatibilité pollen-style. II Coll. GREMPA, Montpellier-Nîmes, Septiembre 1975.

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

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., 1999. Genetics of late blooming in almond. Acta Hort. 484: 261-265

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCÍA J.E., DICENTA F., 1997. El concepto del ideotipo en la mejora de cultivares de almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 93V (3): 164-176.

(Aceptado para publicación el 15 de marzo de 1999)

ITEA (1999). Vol. 95V N.° 2, 118-124

APLICACIÓN DEL ANALISIS FLORAL AL PRONÓSTICO Y DIAGNÓSTICO DEL BITTER PIT

Manuel Sanz
Javier Machín

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

RESUMEN

El análisis de las flores de manzano (*Malus pumila* Mill) permite, en poblaciones afectadas por clorosis férrica, relacionar la concentración de hierro (Fe) en flor con la incidencia de la afección de bitter pit en sus frutos. El índice de correlación entre ambos es de -0.633*** en ensayos de 1995, en los que la incidencia de la clorosis férrica en los manzanos controlados fue muy variable. En 1996 fue de -0,326**, con una afectación de clorosis poco variable que permitió una peor medición. La correlación del calcio (Ca) con la incidencia del bitter pit es de -0,342** y de -0,368** en las dos campañas. La carencia asintomática de Fe produce bitter pit y se corresponde con valores de este nutriente en flor de 310 a 400 ppm sobre materia seca.

Palabras clave: Análisis floral, Prognosis bitter pit, Clorosis férrica, Calidad de fruto, Manzano, Hierro, Calcio.

ABSTRACT

APPLYING FLORAL ANALYSIS FOR THE PROGNOSIS AND DIAGNOSIS OF BITTER PIT

The analysis of flowers (*Malus pumila* Mill) in apple orchards affected by iron chlorosis enables us to relate the iron (Fe) concentration during flowering with the incidence of affectation of bitter pit on its fruit. The correlation index between them was -.633*** in 1995 experiments where the incidence of iron chlorosis in the controlled apple trees was quite variable. In 1996 it was -.326**, with a low variable chlorosis affectation that permitted a poorer measurement. The correlation of calcium (Ca) with the incidence of bitter pit was -.342** and -.368** during the two seasons. The subclinical Fe deficiency produces bitter pit and corresponds to floral dry matter values of 310 to 400 ppm.

Key words: Floral analysis, Prognosis bitter pit, Iron chlorosis, Fruit quality, Apple tree, Iron, Calcium.

Introducción

El análisis floral, aplicado a diversas especies frutales, nos está permitiendo realizar un pronóstico de su estado nutricional muy precoz y un diagnóstico preciso de sus desarreglos. Su interpretación posibilita la detección de fisiopatías nutricionales que el análisis foliar no detecta, como la clorosis férrica (SANZ *et al.*, 1997a; SANZ *et al.*, 1997b; SANZ *et al.*, 1998) y otros desequilibrios como el bitter pit.

Posiblemente la función fotosintética de las hojas y sus complejos mecanismos determinan que, en ciertas fases, los elementos que intervienen en estos procesos queden inactivos o bloqueados, enmascarando el diagnóstico nutricional. Las flores, órganos de muy corta duración y en los que no tienen lugar tan complejas transformaciones, pueden presentar determinantes ventajas a la hora de establecer un diagnóstico. Además hay que pensar en que la flor, tras la caída de pétalos, pasa a ser los estadíos primarios del fruto y que estas primeras transformaciones (fase de división celular) parecen ser de importancia primordial en la aparición del bitter pit .

Con el objetivo de evaluar las posibilidades del análisis floral para pronosticar la incidencia y diagnosticar las causas de la aparición del bitter pit en manzano (*Malus pumila* Mill), los años 1995 a 1997 se plantearon unos ensayos de campo y cámara de conservación, dada la alta importancia económica de esta fisiopatía en nuestra zona de trabajo.

No haremos aquí una nueva revisión bibliográfica del tan estudiado problema del bitter pit, pues las ya existentes (VANG-PETERSEN, 1980; MONGE, *et al.* 1995; SAURE, 1996) ponen de manifiesto suficientemente lo que interesa a nuestros objetivos: El bitter pit es la respuesta en fruto a variados desarreglos nutricionales sufridos por los manzanos, tanto sean directos como inducidos por múltiples causas climatológicas o de cultivo.

Se citan en la bibliografía, con frecuentes contradicciones, como causa del bitter pit los desarreglos de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro, zinc, cobre etc. además del calcio con el que existe una gran coincidencia en su papel directo en la aparición de la fisiopatía. No conocemos que esté citado el hierro entre ellos.

En nuestra experiencia estamos constatando que, en manzanos de altas producciones, muchos desarreglos nutricionales pueden provocar la aparición de bitter pit en fruto. El problema radica en la dificultad de establecer un diagnóstico preciso de sus causas por el método tradicional del análisis foliar o de frutos.

La aparición de una clorosis férrica en la primera campaña de ensayos, con la incidencia ya descrita en una anterior publicación (SANZ *et al.* 1998), nos permite medir la influencia de la carencia de Fe y Ca en el desarrollo de bitter pit.

Material y métodos

Este estudio ha sido realizado en 60 manzanos individualizados de la variedad Golden Delicious en plena producción, seleccionados en diez plantaciones de la Cuenca del Ebro (NE de España), zona donde se concentra la mayor producción española de esta variedad (17.000 ha de cultivo de un total de 23.000). El portainjertos es el M 9 y están formados en palme-

tas de brazos oblicuos en un marco de plantación de 3 x 5 m.

En los ensayos de campo realizados durante el año 1995 los árboles estaban en plena floración el 30 de Marzo y la cosecha de frutos se realizó el 16 de Septiembre. Las cosechas de los árboles en control fueron almacenadas, en su totalidad, hasta primeros de Abril de 1996 en cámaras de atmósfera controlada y tras diez días más en cámara sin control atmosférico madura-ron, procediéndose a la cuantificación del bitter pit desarrollado mediante diagnóstico visual de las características manchas de bitter pit, en todas las manzanas de cada árbol, con independencia del grado de afectación. En los ensayos de 1996 los ciclos de cultivo y almacenamiento fueron similares.

El trabajar sobre árboles individualizados lo consideramos indispensable en este tipo de trabajos, pues defendemos que al muestrear varios árboles a la vez, de una forma representativa, se obtienen unos resultados analíticos que no se corresponden con la media de cualquier medición sobre ellos efectuada (clorofila, producción, calidad, etc.). El resultado analítico de la muestra que representa un árbol se corresponde mejor con sus características intrínsecas.

Los elevados pH y carbonatos de los suelos donde están establecidos los ensayos, Fluvisoles y Cambisoles (MONTAÑÉS *et al.*, 1975), y el clima son los típicos del área Mediterránea.

Estas características de suelo y clima propician la aparición de graves problemas de clorosis férrica (SANZ *et al.*, 1992). El primer año de los ensayos todavía en curso, 1995, la incidencia de esta fisiopatía fue importante y no se ha repetido con la misma intensidad. Esto nos permitió medir la relación entre el Fe de la flor y las clorofila de las hojas (SANZ *et al.*, 1998) y en el presente artículo con la incidencia del bitter pit en cosecha.

En la población estudiada no se discriminaron sistemas de riego ni manejo. únicamente, aparte de la variedad y estar en plena producción, se fijó que los árboles en ensayo no recibiesen aportaciones de Fe ni Ca.

Los métodos de muestreos de flores y su análisis fueron descritos en trabajos anteriores (SANZ y MONTAÑÉS, 1995), con la diferencia respecto al melocotonero de que las flores de manzano están provistas de peciolo que fue incluido en el análisis.

Los estudios estadísticos están realizados con el programa Statview 512^{+TM} para Macintosh, de la Universidad de Zaragoza.

Resultados y discusión

En el año 1995 los 60 manzanos utilizados en el ensayo presentaron una clorosis férrica muy variable entre individuos, estando representados todos los grados de esta fisiopatía, desde individuos sin síntomas carenciales a clorosis general, a excepción de clorosis graves que provocaran defoliaciones. En 1996 se generalizó la clorosis férrica, presentando todos los árboles ensayados (60 manzanos) unas clorosis visuales de grados medios, no quedando árboles sin síntomas visuales ni tampoco graves.

Los resultados de los análisis de elementos nutricionales en las flores de manzano se incluyen en el Cuadro 1. En la campaña de 1995 se presentaron grandes diferencias en concentraciones de Fe en flor en las poblaciones estudiadas, lo que permitió

CUADRO 1
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS EN FLOR DE MANZANO, EXPRESADOS SOBRE MATERIA SECA
TABLE 1
RESULTS OF THE ANALYSES CARRIED OUT ON APPLE FLOWERS, EXPRESSED IN DRY MATTER

	1995			1996		
	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
N%	2,88±0,16	2,63	3,36	3,33±0,24	2,71	3,71
P%	0,38±0,02	0,29	0,43	0,41±0,04	0,28	0,49
K%	1,75±0,12	1,38	1,99	1,90±0,15	1,34	2,16
Ca%	0,52±0,10	0,35	0,77	0,65±0,20	0,37	1,34
Mg%	0,25±0,04	0,19	0,35	0,25±0,03	0,16	0,31
Fe ppm	387,87±91,33	250,00	544,40	178,68±25,71	89,46	224,30
Mn ppm	39,12±8,80	22,72	56,28	34,49±6,86	18,99	53,12
Cu ppm	44,97±18,76	28,34	110,60	53,98±64,58	21,08	535,54
Zn ppm	44,47±3,99	37,14	53,99	40,17±6,30	30,50	68,20

medir la relación entre este microelemento en flor y la clorofila de las hojas y ahora su relación con bitter pit. Obviamente cuando los rangos de variación del elemento considerado son estrechos el estudio de sus influencias es poco claro, sobre todo en condiciones de campo en las que resulta imposible el control de otros elementos que han de interferir.

El bitter pit se midió en manzanas maduras tras casi siete meses de conservación, encontrándose unas variaciones de incidencia desde el 0 al 68,3 % en peso de manzanas afectadas por árbol. La medición del bitter pit expresada en porcentaje de número de manzanas afectadas independientemente del grado de afección, frente al total de las producidas por el árbol, no hace variar los cálculos estadísticos realizados.

La correlación calculada entre la concentración de Fe en la flor del manzano y el bitter pit de sus frutos en 1995 es de -0,633 *** (figura 1), que consideramos muy alta para unos experimentos que combinan la complejidad de los ensayos de campo, desde la floración de los frutales hasta su recolección, con los de cámara de conservación. La correlación entre la concentración de Ca en flor y la incidencia del bitter pit fue de -0,342** (figura 2).

Esto no quiere decir que, al ser mucho más significativa la correlación con el Fe, este elemento tenga más importancia en la aparición del bitter pit, únicamente ocurre que el material estudiado presenta unos rangos en su concentración de Fe en flor muy amplios, lo que posibilita una mejor medida. Lo que si parece indudable es que el Fe, en nuestras condiciones de trabajo muy clorosantes, tiene una estrecha relación con la aparición de la fisiopatía.

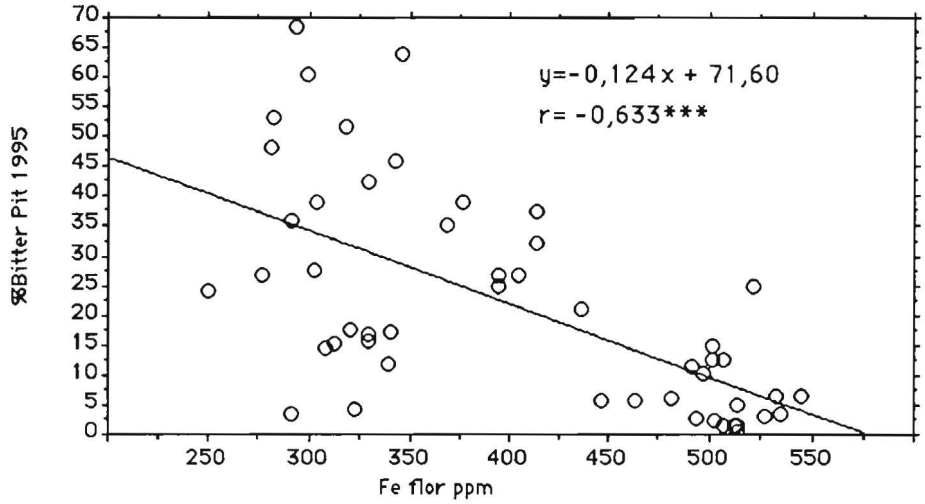


Figura 1. Recta de regresión entre incidencia de bitter pit y concentración de Fe en flor en ppm sobre materia seca

Figure 1. Regression line betwen the incidence of bitter pit and the Fe concentration in dry matter (ppm)

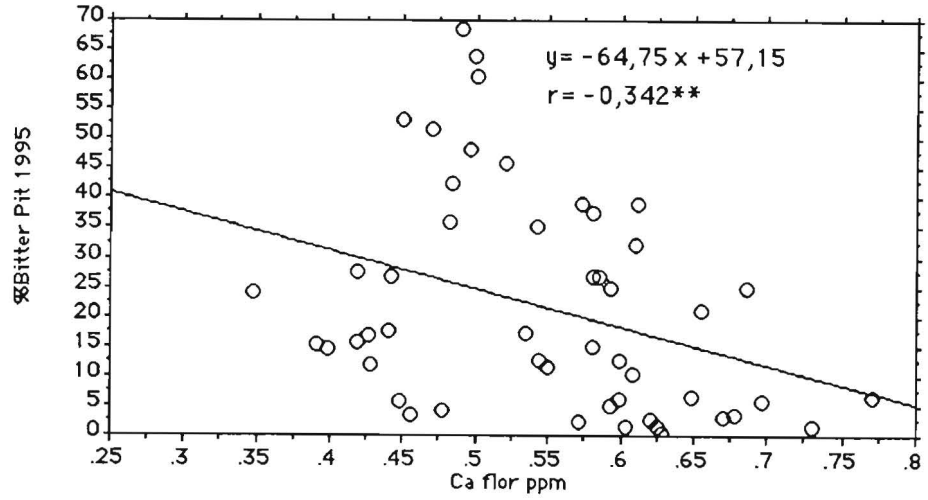


Figura 2. Recta de regresión entre incidencia de bitter pit y concentración de Ca en flor en ppm sobre materia seca

Figure 2. Regression line between the incidence of bitter pit and the Ca concentration in dry matter (ppm)

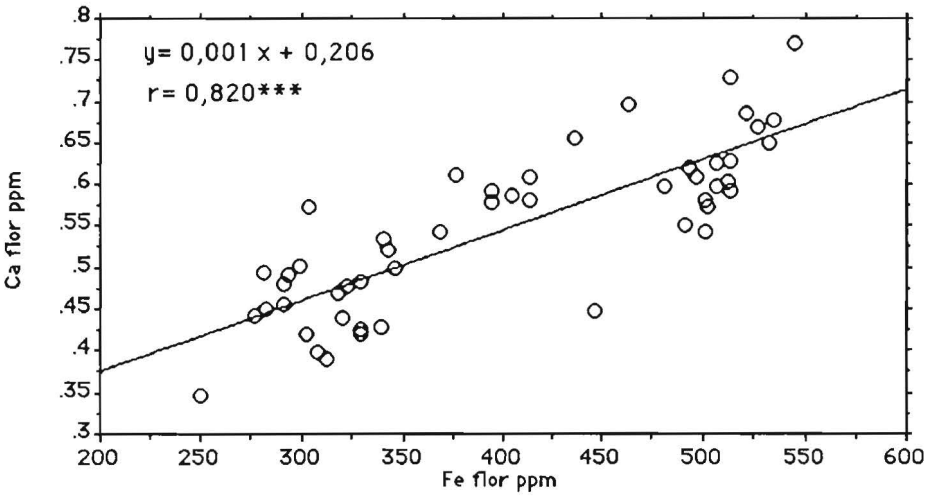


Figura 3. Recta de regresión entre concentración es de Fe y de Ca en flor en ppm sobre materia seca
Figure 3. Regression line between the concentration in flower of Fe and the Ca in dry matter (ppm)

No se ha encontrado correlación entre las concentraciones de Fe y K en las flores de manzano analizadas, a diferencia de lo que ocurre en las hojas de melocotonero y peral en casos de clorosis férrica (HERAS *et al.*, 1976; ABADIA *et al.*, 1985; ABADIA *et al.*, 1989), en las que se produce un fuerte aumento de K y que atribuiría un papel indirecto al Fe en la aparición del bitter pit, dado el antagonismo entre K y Ca.

La correlación entre las concentraciones de Fe y Ca en flor es muy alta (0,820***), contrariamente a lo que ocurre en hojas de peral y melocotonero (HERAS *et al.*, 1976; ABADIA *et al.*, 1985; ABADIA *et al.*, 1989), en las que disminuye el Ca al aumentar la clorosis y disminuir la clorofila (figura 3).

En la campaña 1996 los rangos de variación de la concentración de Fe en flor son mucho más estrechos (cuadro 1). La correlación entre el Fe de la flor y la incidencia del bitter pit es menos significativa (-0,326**), lo que no significa que que este elemento haya tenido una influencia menor, sino que las características del material analizado han permitido una peor medición. La correlación entre concentración de Ca en flor e incidencia de bitter pit ha sido de -0,368** (n=60 en todos los casos).

Dado que no existen experiencias anteriores de diagnóstico floral en manzano y que el Fe no ha sido citado como una de las causas del bitter pit, posiblemente porque los métodos de diagnóstico no eran capaces, no concluiremos en que este elemento es causa directa de la aparición de la fisiopatía, pero en estas campañas de ensayos en la que la incidencia de la clorosis férrica ha sido intensa, la concentración de Fe en flor está altamente relacionada con la incidencia del bitter pit.

La carencia asintomática de Fe (carencia leve que aún no provoca síntomas visuales, pero que reacciona a la aportación de Fe con un aumento de clorofila) se corresponde con concentraciones de Fe en flor de 310-400 ppm. Las plantas en este estado presentan afección de bitter pit, encontrándose las libres de esta fisiopatía exclusivamente por encima de 400 ppm sobre materia seca de flor (figura 1), que se corresponden con mediciones de SPAD superiores a 35 a los 120 días después de la plena floración.

El resto de las relaciones nutricionales diagnosticadas en flor, su relación con el bitter pit y su corrección, son objeto de investigación y podrán ser discutidas cuando se disponga de la totalidad de los ensayos concluidos.

Conclusiones

1. En nuestras condiciones de cultivo del manzano, la deficiente nutrición férrica es una de las causas de la aparición de bitter pit.

2. La deficiencia asintomática de Fe en nuestros manzanos se sitúa entre concentraciones de Fe en flor de 310 a 400 ppm de materia seca y puede ser causa de bitter pit.

3. La concentración de Ca en las flores de manzano está relacionada con la incidencia del bitter pit.

4. El diagnóstico floral permite pronosticar la aparición de bitter pit y diagnosticar algunas de sus causas.

Bibliografía

ABADÍA J., NISHIO J.N., MONGE E., MONTAÑES L., HERAS L., 1985. Mineral composition of peach leaves affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr. 8980: 697-707.

ABADÍA A., SANZ M., DE LAS RIVAS J., ABADÍA J., 1989. Photosinthetic pigments and mineral composition of iron deficient pear leaves. J. Plant Nutr. 12(7): 827-838.

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.

MONGE E., VAL J., SANZ M., BLANCO A., MONTAÑÉS L., 1995. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. An. Aula Dei. 21: 189-201.

MONTAÑÉS L., SANZ M., HERAS L., 1975. Fertilidad actual de los suelos dedicados a frutales en regadíos de la cuenca del Ebro. An. Aula Dei. 13(1-2): 167-178.

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

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

SANZ M., PASCUAL J., MACHÍN J., 1997a. Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees. The influence 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(241-245).

SANZ M., PÉREZ J. , PASCUAL J., MACHÍN J., 1998. Prognosis of iron chlorosis in apple trees by floral analysis. J. Plant Nutr. 21(8):1697-1703

SAURE M.C. 1996. Reassessment of the role of calcium in development of bitter pit in apple. Aust. J. Plant Physiol. 23:237-243.

VANG-PETERSEN, O. 1980. Calcium nutrition of apple trees: a review. Sci. Hort. 12: 1-19.

(Aceptado para publicación el 23 de marzo de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 125-135

EVOLUCIÓN DEL COLOR DEL FRUTO EN VARIEDADES DE PIMIENTO PIMENTONERO. INFLUENCIA DE LA DEFICIENCIA EN POTASIO

M. Boronat
R. Madrid
C. Egea
I. Collados

Dpto. Química Agrícola
Geología y Edafología
Facultad de Química. Universidad de Murcia
Apartado 4021
30071 Murcia
España

RESUMEN

Se estudia comparativamente desde la fructificación hasta la maduración plena del fruto, la evolución del color extraíble del fruto de variedades de pimiento pimentonero, "Americano' y "Fibola', cultivados sobre los sustratos arena y perlita bajo condiciones de fertilización con disolución nutritiva estándar para el cultivo testigo (T) y deficiente en potasio (DK). Los contenidos de clorofilas "a", "b" y "totales" decrecen rápidamente con el desarrollo del fruto en todos los casos, siendo más acentuada a los 60 y 70 días desde el cuajado del fruto, y niveles más bajos para los sectores deficientes. Los niveles de acumulación de carotenoides "rojos", "amarillos" y "totales" crecen rápidamente con la maduración del fruto en todos los casos, alcanzándose los valores máximos de carotenoides "totales" para ambas variedades cultivadas en el sustrato perlita. La relación de carotenoides "rojos" y "amarillos" (R/Y) aumenta con la maduración del fruto en todos los casos (mayor en el testigo) estabilizándose en la etapa final, con niveles iniciales más altos para la variedad "Fibola', siendo finalmente superada (80 días desde el cuajado del fruto) por la variedad "Americano' en mayor medida en el sustrato perlita, lo que evidencia una anticipación en la maduración de "Fibola' sobre "Americano'.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., Cultivo sin suelo, Fertirrigación, Color extraíble.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF THE COLOR OF RED PEPPER FRUIT (aMERICANO AND FIBOLA CV.). INFLUENCE OF THE DEFICIENCY IN POTASSIUM

The development of extractable color of red pepper fruit ("Americano' and "Fibola' cv.) on sand and perlite substrates, low conditions of fertilization with optimized nutrient solutions for the cultivates control and deficient in potassium from the fruit set to the complete maturation, is estudied comparatively. The contents of "a", "b" and "total" chlorophylls decrease quickly with the development of the fruit in all the cases, being high to the 60 and 70 days from of the fruit set, and with most low

levels for the deficient sectors. The levels of accumulation of "red", "yellow" and "total" carotenoids grow quickly with the maturation of the fruit in all the cases, where maximum levels of "total" carotenoids reach for both cultivated varieties in perlite substrate. The ratio "red" and "yellow" carotenoids (R/Y) increases with the maturation of the fruit stabilizing in the end step; with inicialy most high levels for the 'Fibola' variety and for 'Americano' variety in perlite substrate to a great extent in the control to the end of the maturation, what evidence a bigger precocity in the maturation for 'Fibola' variety.

Key words: *Capsicum annuum* L., Soilless, Fertigation, Extractable color.

Introducción

Los dos tipos de pigmentos fotosintéticos que intervienen fundamentalmente en la fotosíntesis son clorofilas y carotenoides. En los vegetales superiores, estos pigmentos se encuentran asociados dentro del cloroplasto, que los contiene en una proporción aproximada de 4-6 % de clorofilas, y alrededor de 2 % de carotenoides (ALMELA *et al.*, 1984; FERNÁNDEZ, 1991). La clorofila es una porfirina que contiene magnesio en su molécula, pigmento fotosintético activo que transforma la energía luminosa en energía química. El principal fotorreceptor en los cloroplastos de las plantas es la clorofila "a", mientras que la clorofila "b" y los carotenoides actúan como pigmentos auxiliares, que captan la luz que no es enteramente absorbida por la clorofila "a", excitándose y transmitiendo la energía acumulada a la clorofila "a". Los carotenoides, (xantofilas y carotenos) responsables del color rojo externo de muchos frutos, son pigmentos solubles en grasas y en disolventes orgánicos.

El fruto del pimiento para pimentón completamente maduro se comporta como una unidad biológica equilibrada, a la cual se llega por una ruta biosintética común, siendo el nivel de regulación de la producción de carotenoides individuales, donde radican las diferencias características de cada variedad (CANDELA *et al.*, 1984; ALMELA *et al.*, 1991).

La maduración del pimiento pimentonero ha sido objeto de interés de numerosos investigadores, no sólo por el cambio de color que experimenta el fruto del verde al rojo, sino por la complejidad de los mecanismos que intervienen en la formación y transformación de numerosos pigmentos carotenoides, hasta llegar al capsanteno, colorante típico de este fruto, a través de las vías de síntesis bioquímicas (ALEMÁN y NAVARRO, 1973; DE LA TORRE y FERRE, 1975; CANDELA *et al.*, 1984; ALMELA *et al.*, 1991).

El contenido pigmentario de las variedades pimentoneras es varias veces superior al de las llamadas tradicionales (pimiento morrón) empleados en la industria del aderezo de alimentos. En la cuantificación de los pigmentos carotenoides "rojos" y "amarillos", separados por cromatografía en capa fina, se han identificado numerosos componentes carotenoides presentes en todas las variedades estudiadas (MÍNGUEZ y GARRIDO, 1984).

El fruto de *Capsicum annuum L.* es un cultivo típico del área mediterránea, donde 'Americano' y 'Fíbola' son las variedades de color rojo tradicionalmente cultivadas en el sureste español, y se destinan funda-

mentalmente a la elaboración de pimentón y oleorresina, ya que constituyen las dos sustancias colorantes naturales más ampliamente usadas en la industria de alimentos. Variedades ricas en carotenoides básicamente rojos, que mejoran la calidad, ya que está íntimamente relacionada con su poder colorante (COSTA, 1991; SORIANO *et al.*, 1990).

El principal parámetro usado para la evaluación comercial de la calidad del pimiento para el pimentón es el color. Se mide normalmente por extracción de los pigmentos con un disolvente orgánico; seguido por cuantificación espectrofotométrica. Entre los métodos más comúnmente utilizados cabe mencionar el denominado ASTA (1968), así como la razón correspondiente a los pigmentos "rojos" y "amarillos", que permite la caracterización y control de los derivados de pimiento (MINGUEZ y GARRIDO, 1984).

La estimación de la calidad de color del pimentón por el método ASTA no detecta la presencia de clorofila, ya que la absorción de este pigmento está lejos de los 460 nm, longitud de onda donde se mide comercialmente la absorbancia del extracto en acetona de los pigmentos (NAVARRO y COSTA, 1993).

La razón entre fracciones carotenoides puede ser considerada constante dentro de los límites normales para productos naturales, aún cuando las variedades de pimiento para pimentón analizadas varíen en su riqueza pigmentaria; este parámetro puede ser utilizado en control de calidad del pimentón y detección de alteraciones debidas a pérdidas en pigmentación por procesos oxidativos o adulteraciones propiciadas por exaltación del color con pigmentos artificiales o naturales añadidos en pimentones comerciales (MÍNGUEZ *et al.*, 1992).

En el presente trabajo se ensaya el desarrollo de variedades de pimiento pimentonero no retenedoras de clorofilas ('Americano' y 'Fibola'), sobre los sustratos arena y perlita, bajo control de las condiciones ambientales del invernadero, con nutrición inicial aplicando disolución nutritiva estándar en todos los sectores, y a partir de la fructificación, por separado, en los sectores testigo (T) con disolución nutritiva optimizada y deficiente en potasio en los restantes (DK), a fin de conocer la influencia en la evolución y acumulación de carotenoides en los frutos, durante la maduración, según fertilización, tipo de sustrato y variedad. Teniendo en cuenta la influencia complementaria de la fertilización potásica respecto al nitrógeno y niveladora en la nutrición del pimiento, más aconsejable la aplicación simultánea de ambos macronutrientes durante el engorde del fruto, al mejorar notablemente la producción y evitar retrasos en la maduración (MADRID *et al.*, 1987), es por lo que se ha procedido a una fertilización deficiente en potasio a partir del cuajado del fruto, a fin de conocer su respuesta en las situaciones indicadas.

Material y métodos

La experiencia se llevó a cabo en invernadero de policarbonato de 8 x 12 m en la parcela experimental de la Universidad de Murcia, utilizando información de un ensayo preliminar realizado con el mismo cultivo (MADRID *et al.*, 1991). En el interior del invernadero fueron controlados parámetros ambientales tales como la humedad relativa y la temperatura a lo largo del ciclo de cultivo mediante ventilación con apertura cenital, refrigeración con termostato regulable (cooling) y humificación con fog-sys-

tem, calefacción de los sustratos (baño termostático con recirculación de agua) y riego localizado automatizado. La humedad relativa se mantuvo entre 60-75 % y el intervalo de temperatura entre 20-30 ºC durante el día y por encima de 14 ºC durante la noche.

Diseño del experimento

El experimento dentro del invernadero consistió en 5 sectores con 2 filas por sector y 8 plantas por fila. El sector 1 se utilizó de pantalla (P) ya que sufre una alta irradiación solar de poniente respondiendo irregularmente a las condiciones ambientales del invernadero; en los sectores 2 y 3 se cultivaron 32 plantas testigo (T) tratadas con disolución nutritiva estándar durante todo su desarrollo y en los sectores 4 y 5 las 32 plantas tratadas inicialmente con la misma disolución nutritiva estándar y con posterioridad con disolución nutritiva deficiente en potasio (DK) a partir de los 10 días del cuajado de los frutos; distribuidas en ambos casos a razón de 16 plantas por sustrato.

Plantación y toma de muestras

Las plántulas permanecieron en el semillero hasta el estado de cotiledones con dos o tres hojas verdaderas, siendo transplantadas a las bandejas con los sustratos ensayados el 20 de marzo. El cuajado del fruto ocurrió a los 70 días después del transplante. La cosecha final fue obtenida el 20 de agosto. Las plantas fueron puestas directamente en las bandejas (8 x 16 x 34 cm) con dos sustratos diferentes arena y perlita.

En cuanto a la toma de muestra, la recogida de los frutos comenzó a los 50 días después del cuajado de los mismos, efectuándose 4 muestreos (uno cada 10 días durante la maduración), tomando 1 fruto al azar de tamaño uniforme por planta, a una altura de 2/3 de la misma.

Disoluciones nutritivas

Las disoluciones nutritivas estándar y deficiente en potasio, utilizadas en los sectores T y DK respectivamente, se describen en el cuadro 1; la deficiencia en potasio se provoca con cierto retraso, de forma paulatina a partir de los 80 días del transplante con ánimo de permitir una adecuada fructificación y cuajado de los frutos. Cada sector (bancadas de 0,5 x 0,8 x 6,7 m y 8 bandejas) recibe de forma independiente disolución nutritiva procedente de depósito de 60 l con agitación programable, a través de instalación con filtros, electroválvulas, conducciones de polietileno (Ø=25 mm), líneas portaemisores (Ø=14 mm), emisores autocompensantes (2 $l \cdot h^{-1}$), bandejas portasustratos con salida de drenaje y una piqueta de goteo por planta (2 $l \cdot h^{-1}$). Es necesario medir a diario la C.E. y el pH en las disoluciones nutritivas y de drenaje y el porcentaje de drenaje.

Métodos analíticos

Las muestras de fruto fueron procesadas, para realizar las posteriores determinaciones de color extraíble. Inicialmente se procede a la limpieza del material vegetal con agua y a continuación secado en estufa a 65 ºC durante 24 horas y a 105 ºC durante 2 horas, procediendo antes y después de los secados, a su molienda, finalmente se conserva en frascos en zona seca preservados de la humedad.

CUADRO 1
DISOLUCIONES NUTRITIVAS: MACRONUTRIENTES (meq(l^{-1}) Y MICRONUTRIENTES (mg(l^{-1})
TABLE 1
NUTRIENT SOLUTIONS: MACRONUTRIENTS (meq(l^{-1}) AND OLIGOELEMENTS (mg(l^{-1})

Estándar	$NH_4Ca(NO_3)_3$	KNO_3	H_2KPO_4	H_2NaPO_4	$MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	K_2SO_4
	9	4	1	1	1,5	1
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,06
Deficiente en	$NH_4Ca(NO_3)_3$	KNO_3	H_2KPO_4	H_2NaPO_4	$MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	K_2SO_4
Potasio	10	3	0	2	1,5	0
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,06

Las clorofilas se extraen a partir del fruto fresco libre de semillas y pedúnculo, con acetona al 80 % (en agua) en homogeneizador durante 10 minutos en baño de hielo; se filtra a vacío a través de un embudo de placa porosa n.º 4, repitiendo la operación hasta que el material quede incoloro. Las medidas se realizaron con un espectrofotómetro de doble haz VIS-UV a las longitudes de onda 663 nm (clorofila "a") y 645 nm (clorofila "b"), utilizando las ecuaciones de ARNON, D.I. (1949) y VERNON, L.P. (1960). Las clorofilas totales se obtienen al sumar "a" y "b".

El contenido de pigmentos carotenoides, expresado como xantofilas "rojas" y "amarillas" se determina previa separación cromatográfica en columna (Ø= 15 mm) rellena de óxido de aluminio 90 estandarizado con un grado de actividad II-III y granulometría 0,063-0,200 mm y adición de Na_2SO_4 anhidro para retener restos de agua. Las eluciones se hacen con Xaro (95 % éter de petróleo y 5 % etanol) y Xama (99 % éter de petróleo y 1 % acetona) para xantofilas "rojas" y "amarillas" respectivamente, y posterior análisis espectrofotométrico a las longitudes de onda 468 nm (rojas) y 448 nm (amarillas). Los carotenoides "totales" se extraen también con éter de petróleo y se determinan en espectrofotómetro a λ = 449 nm.

El método ASTA 20,0 se basa en la extracción de los pigmentos carotenoides (xantofilas "rojas" y "amarillas") con acetona, seguido de cuantificación espectrofotométrica a (= 460 nm , usando coeficiente corrector según la expresión dada a continuación: Unidad de color (ASTA-20) = Absorbancia x 16,4 x If/g de muestra, siendo If un factor de corrección para el aparato.

El análisis estadístico se realizó con el programa Statgraphics 7.0, que aplica según variedad, sustrato y momento de desarrollo letras diferentes que indican diferencias significativas con P≤0,05.

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra la evolución de los niveles de clorofilas "a" y "b" para los

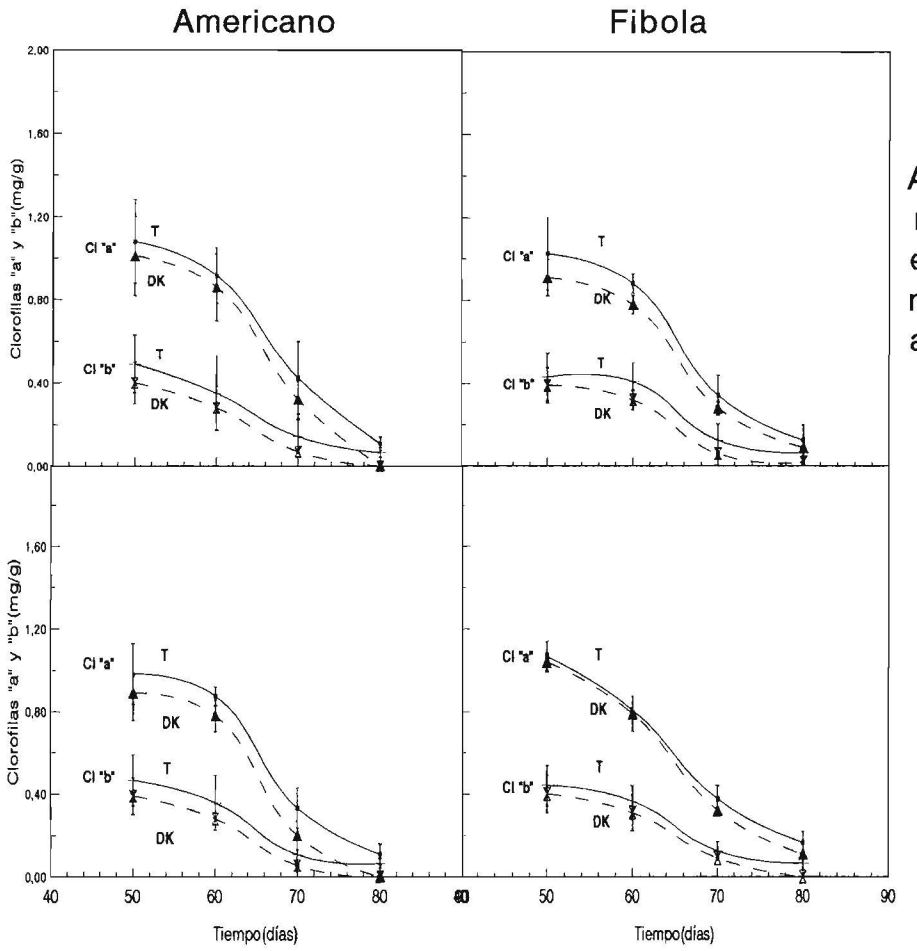


Figura 1. Evolución de clorofilas "a" y "b" en frutos de variedades de pimiento (tesigo-T y deficientes en potasio-DK) sobre los sustratos arena y perlita

Figure 1. Development of "a" and "b" chlorophylls of red pepper fruits (Control-T and deficient in potassium-DK) on sand and perlite substrates

frutos de pimiento testigo y deficientes en potasio de las variedades 'Americano' y 'Fibola', en los sustratos ensayados.

Los contenidos en clorofilas "a" y "b" en frutos de pimiento de ambas variedades, disminuyen fuertemente con su desarrollo, hasta anularse prácticamente en la etapa final de maduración, en todos los tratamientos y sustratos ensayados; en todo momento son mayores los niveles de clorofila "a"; siendo inicialmente la degradación de dicha clorofila más acentuada que para la "b". El establecimiento de las deficien-

cias en las variedades ensayadas provoca una disminución de los niveles de acumulación de clorofilas en los frutos frente al testigo.

En todos los casos, los niveles de acumulación de clorofilas "totales" (figura 2) en frutos de pimiento pimentonero de las variedades 'Americano' y 'Fibola' disminuyen con la maduración, siendo más acusada la degradación en el intervalo de tiempo que va de los 60-70 días, coincidiendo con la formación y acumulación de los pigmentos carotenoides, con niveles mayores para el testigo frente a los deficientes en potasio.

En los sectores deficientes en potasio, los niveles de acumulación de clorofilas "totales" presentan un comportamiento similar al testigo, con respecto a las variedades y sustratos ensayados. Las diferencias más acentuadas entre T y DK corresponden a la variedad 'Americano' en perlita y 'Fibola' en arena.

Los niveles de acumulación de carotenoides "totales" (figura 2), en frutos de pimiento de las variedades ensayadas, crecen rápidamente con la maduración del fruto, al contrario de lo que sucede con las clorofilas "totales", siendo la síntesis y acumulación de estos pigmentos predominante en las últimas etapas de desarrollo del fruto (maduración) correspondiente a los 70-80 días desde el cuajado del mismo; con diferencias más marcadas para ambas variedades en el sustrato arena superiores en 'Fibola'.

En los frutos de pimiento testigo, para ambas variedades 'Americano' y 'Fibola' se presentan los niveles máximos de carotenoides "totales" en el sustrato perlita, y en ambos sustratos ensayados se obtienen los contenidos de carotenoides más altos para la variedad 'Fibola', estimándose un retraso en el tránsito del color verde a pintón de 3 días para la variedad 'Americano' con relación a 'Fibola'. En los sectores deficientes en potasio, la acumulación de carotenoides "totales" es menor que en el testigo para ambas variedades y sustratos ensayados.

En el cuadro 2 se muestran los contenidos en pigmentos carotenoides "rojos" y "amarillos" durante la etapa de maduración, para las variedades, los tratamientos y sustratos ensayados. Los pigmentos "rojos" se acumulan en mayor cuantía que los "amarillos" en todos los tratamientos, produciéndose un aumento considerable de los niveles de xantofilas "rojas" y "amarillas" en la etapa de maduración correspondiente a los 60-80 días desde el cuajado de los frutos; indicativos de la calidad alcanzada para cada variedad según sustratos y tratamientos ensayados.

En todos los casos, los niveles de xantofilas "rojas" en 'Fibola' son superiores a los de 'Americano', excepto en el testigo a los 80 días, que presenta el valor máximo la variedad 'Americano' para el sustrato perlita. Un comportamiento similar muestra la evolución de las xantofilas "amarillas", alcanzando contenidos más elevados al final de la maduración para la variedad 'Fibola' y en el sustrato perlita.

En general, para el testigo los contenidos más altos de carotenoides "totales" (R + Y) son ligeramente superiores para las variedades cultivadas en arena, excepto al final del proceso de maduración (80 días desde el cuajado), mientras que en los sectores deficientes, suelen ser algo mayores para las variedades cultivadas en perlita excepto, para ambas variedades, a los 60 días.

La evolución de la relación R/Y (cuadro 2) muestra un crecimiento, en todos los casos, con la maduración de los frutos, encontrándose diferencias significativas entre variedades, siendo superiores para

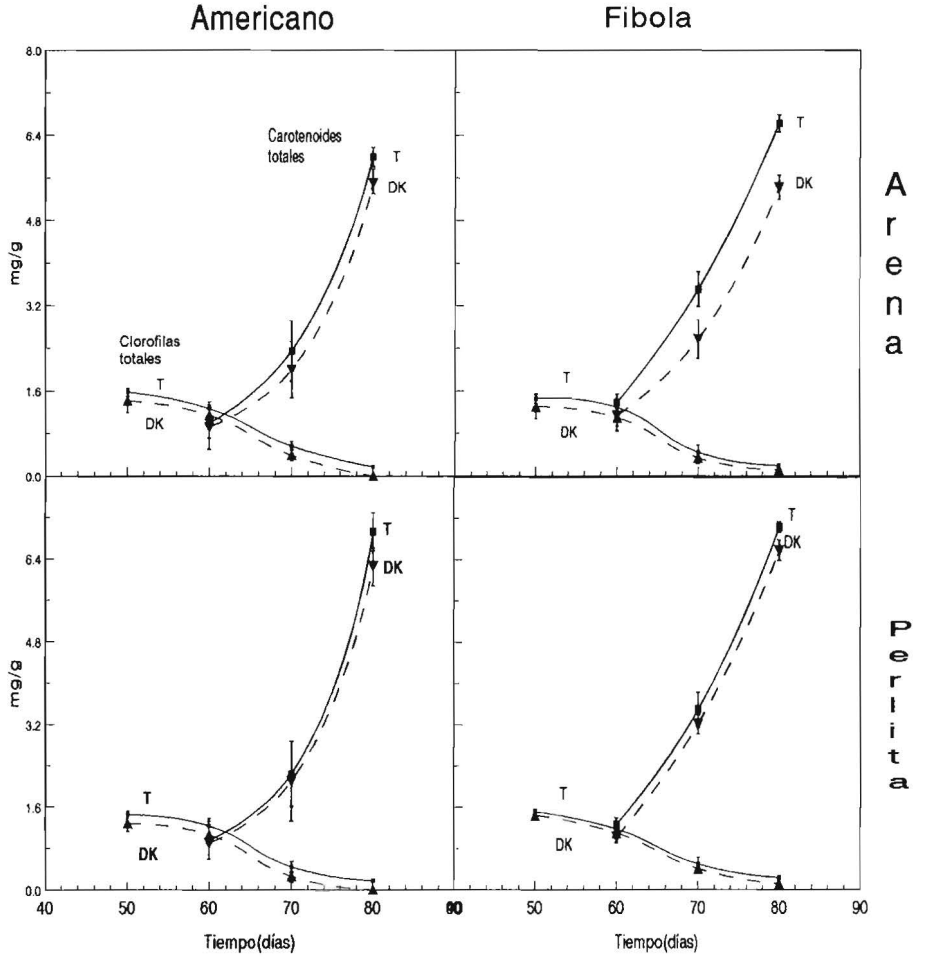


Figura 2. Evolución de clorofilas y carotenoides "totales" en frutos de variedades de pimiento (tesitgo-T y deficientes en potasio-DK) sobre los sustratos arena y perlita

Figure 2. Development of total chlorophylls and carotenoids in red pepper fruits varieties (control-T and deficient in potassium-DK) on sand and perlite substrates

'Fibola' en el intervalo de tiempo de los 60-70 días en todos los casos, exceptuando la etapa final de maduración (80 días) donde la variedad 'Americano' presenta niveles más elevados para el testigo en perlita (10,09-12,31) y para los deficientes en potasio en arena (10,38-11,50).

Para todos los tratamientos ensayados, las unidades ASTA (Cuadro 2) se incre-

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DE CAROTENOIDES (PIGMENTOS ROJO-R, AMARILLOS-Y Y EL COCIENTE ROJOS/AMARILLOS-R/Y) Y UNIDADES ASTA EN FRUTOS DE PIMIENTO, PARA LAS VARIEDADES AMERICANO Y FIBOLA, EN ARENA Y PERLITA (TESIGO-T Y DEFICIENTES EN POTASIO-DK)

TABLE 2
DEVELOPMENT OF CAROTENOIDS (RED-R AND YELLOW-Y PIGMEN CONTENTS, AND THE R/Y RATIO) AND ASTA UNITS IN PEPPER FRUITS AMERICANO AND FIBOLA VARIETIES ON SAND AND PERLITE (CONTROL-T AND POTASSIUM DEFICIENTS-DK)

Días después del cuajado	Cultivar	Sustrato	Carotenoides (mg/g)			ASTA
			R	Y	R/Y	
* Testigo (T)	Americano	Arena	0,82 a	0,17 b	4,82 a	39,10 b
		Perlita	0,81 a	0,15 b	5,40 a	43,20 a
60	Fibola	Arena	1,26 c	0,12 c	10,50 c	42,36 a
		Perlita	1,12 b	0,14 b	8,00 b	45,73 b
	Americano	Arena	2,04 a	0,31 b	6,58 a	97,10 a
		Perlita	1,93 a	0,31 b	6,23 a	98,19 a
70	Fibola	Arena	3,24 b	0,27 a	12,00 b	118,30 b
		Perlita	3,22 b	0,27 a	11,93 b	144,97 c
	Americano	Arena	5,44 a	0,54 a	10,09 b	174,40 a
		Perlita	6,40 b	0,71 b	8,90 a	230,20 d
*Def. K (DK)	Americano	Arena	0,80 a	0,12 a	6,67 b	33,70 a
		Perlita	0,77 a	0,13 a	5,92 a	39,30 b
60	Fibola	Arena	0,98 c	0,15 c	6,54 b	38,20 b
		Perlita	0,89 b	0,13 b	6,85 b	35,60 a
	Americano	Arena	1,80 a	0,20 a	9,00 b	94,60 a
		Perlita	1,84 a	0,26 b	7,08 a	95,20 a
	Americano	Arena	5,06 a	0,44 a	11,50 b	164,00 a
		Perlita	5,71 b	0,55 b	10,38 b	164,60 a
80	Fibola	Arena	4,84 a	0,58 b	7,72 a	159,10 a
		Perlita	5,91 b	0,66 b	8,95 a	214,10 c

Letras diferentes indican diferencias significativas al $P \leq 0,05$, al utilizar el test de rango múltiple Ducan, aplicado por variedad y sutrato.

Mean separation within each columns aplicated per substrate and varietie by Duncan's multiple range test at P = 0,05.

mentan con el proceso de la maduración, donde la variedad 'Fibola' presenta valores más altos que 'Americano' en todas las fechas muestreadas, encontrándose para ambas variedades unidades ASTA más elevadas en el sustrato perlita. Las unidades

ASTA al final del proceso de maduración (80 días desde el cuajado) para los diferentes tratamientos ensayados son por orden decreciente: testigo (174,40-230,20) > deficientes en potasio (159,10-214,10).

Conclusiones

Los contenidos en clorofilas "a", "b" y "totales" decrecen rápidamente con el desarrollo del fruto en todos los tratamientos, siendo más acentuada su degradación entre los 60 y 70 días desde el cuajado del fruto y con niveles de acumulación más bajos para los sectores deficientes frente al testigo.

Los niveles de acumulación de carotenoides "amarillos", "rojos" y "totales" crecen rápidamente con la maduración del fruto en todos los casos, más acentuada en la etapa final de maduración. Los máximos niveles de carotenoides "totales" para ambas variedades se presentan en el sustrato perlita; más elevados en cualquier caso para la variedad 'Fibola'. Estimándose para la variedad 'Americano' un retraso en el viraje del verde a pintón de 3 días con respecto a 'Fibola'.

La razón correspondiente a los carotenoides "rojos" y "amarillos" (R/Y) aumenta con la maduración del fruto estabilizándose en la etapa final; con niveles más altos inicialmente para la variedad 'Fibola', modificando su comportamiento en la etapa final de la maduración, con niveles mayores para la variedad 'Americano' en el sustrato perlita. Lo que indica una anticipación en la maduración para 'Fibola', que es alcanzada y superada en el momento del corte del fruto por 'Americano'.

Las unidades de color ASTA aumentan con la maduración, presentando valores más altos la variedad 'Fibola' en todos los sectores y fechas muestreadas. Para ambas variedades la respuesta en el sustrato perlita es significativamente superior a la encontrada en arena.

La fertilización deficiente en potasio ejerce respecto a la solución nutritiva optimizada efectos negativos en la etapa de fructificación, viéndose afectados la precocidad y la calidad comercial esperada en el momento del corte del fruto, al disminuir la síntesis y acumulación de los pigmentos carotenoides.

Bibliografía

ALEMÁN J.; NAVARRO, F., 1973. Estudio químico físico de las variedades de pimentón *Capsicum annuum* cultivadas en Murcia. Ed. CEBAS, Murcia, 100 pp.

ALMELA, L., LÓPEZ-ROCA J. M., MADRID R., 1984. Fertigation localisée en prunus. II. Evolution saisonnière des nutrients et pigments photosyntetic en feuille et fruits. Optimisation de la nutrition des plantes. 3, 713-720.

ALMELA L., LÓPEZ-ROCA J.M., CANDELA M.E., ALCÁZAR M.D., 1991. Carotenoid composition of new cultivars of red pepper for paprika. J. Agric. Food Chem. 39, 1606-1609.

ARNON D.I., 1949. Copper enzymes isolated chloroplast. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24, 1-6.

ASTA, 1968. Official analytical method of the American Spice Trade Association. 2nd ed., Englewood Cliffs, New Jersey: ASTA.

CANDELA M.E., LÓPEZ M., SABATER F., 1984. Carotenoids from *Capsicum annuum* fruits: Changes during ripening and storage. Biol. Plant. 26, 410-414.

COSTA J.C., 1991. Pimiento pimentonero. Estado actual y perspectiva de futuro en la Región de Murcia. Agrícola Vergel / Abril, 232-235.

DE LA TORRE M.C., FERRE R. 1975. Carotenoides del pimentón. An. Bromatol. 28 (2), 149-195.

FERNÁNDEZ J.A., 1991. Determinación de pigmentos fotosintéticos y caracterización del enzima clorofilasa de hojas de *Citrus Limon* deficientes en hierro. Evolución con el grado de clorosis Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 222 pp.

MADRID R., GALLEGO J.M., COSTA F.C., GALLEGO J., 1987. Niveles de elementos minerales en hoja, cáscara y semilla de variedades de pimiento para pimentón, desarrolladas en invernadero y campo. VII Congreso Nacional de Química (Química Agrícola y Alimentación), Sevilla. Vol. III, 181-187.

MADRID R., FERRER C., COSTA J., MARÍN A.J., 1991. Evolución de la concentración de elementos minerales durante el desarrollo y maduración de pimiento (Capsicum annuum, L.) bajo fertirrigación. Proceedings II Congreso Nacional de Fertirrigación, I, 307-312.

MÍNGUEZ M.I., GARRIDO J., 1984. Pepper for paprika (Capsicum annuum). Ratio between the red and yelow carotenoid pigments. Grasas y aceites 35, 4-10.

MÍNGUEZ M.I., JARÈN M., GARRIDO F., 1992. Color Quality in Paprika. J. Agric. Food Chem. 40 (12), 2384-2388.

NAVARRO F., COSTA J., 1993. Nota. Evolución del color de pimentón por colorimetría de triestímulos. Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment. 33 (4), 427-434.

SORIANO M.C., NAVARRO F., COSTA J., 1990. Caracterización de nuevos cultivares de pimiento para pimentón. Agric. Vergel. Aug, 630-632.

VERNON L.P., 1960. Spectrophotometric determination of chlorophyll and pheophytins in plants extracts. Anal. Chem. 32, 1144-1150.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 136-148

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO PARA DECIDIR LA SIEMBRA EN AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS

J. Dimas López-Mtz.*
J. Guerrero Alvarado**

* Maestro-Investigador de la División de Estudios de Postgrado
Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Edo. de Durango
Apartado Postal 142
CP 35000. Gómez Palacio, Dgo. México
e-mail joshua@teleinfo.com.mx.

** Alumno graduado de la División de Estudios de Postgrado
Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Edo. de Durango
México. Apartado Postal 142
CP 35000. Gómez Palacio, Dgo.

México

RESUMEN

La agricultura de zonas áridas tiene como limitante la lluvia, sin embargo en estas áreas se considera que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas es un mejor parámetro que la lluvia para usarse como indicador del éxito o fracaso del cultivo. Tomando en cuenta lo anterior el objetivo del trabajo fue: desarrollar un modelo estadístico basado en el contenido de agua en el suelo que permita tomar la decisión de sembrar. Un experimento fue establecido durante el verano de 1995 y 1996 en el Ejido Fco. Villa, Dgo. México. En cada ciclo de cultivo se usaron dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412) y se evaluó el contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra y el rendimiento de grano por parcela. Para el análisis se emplearon tablas de contingencia de 2*2 para relacionar contenido de humedad a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos, además de la metodología de interacción de X^2 para estimar el contenido de agua que defina la siembra. Los resultados mostraron que para el área, los rangos de contenido de humedad en el suelo para decidir la siembra deben de ser de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises y 6,5-8,3 cm para H-412 en 1995; y de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises en 1996. Se concluye que la metodología de interacción de X^2 es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo, permitiendo estos valores tomar la decisión de sembrar.

Palabras clave: Modelo estadístico, Genotipos, Interacción de X^2.

SUMMARY
SOIL WATER AMOUNT TO DECIDE THE PLANTING TIME IN DRY LAND AGRICULTURE

Precipitation is the most important problem under dry land condition agriculture. However, soil water amount is a better parameter to decide the hydric stress level in crops. The main objective of this study was to determine a statistical model to decide if planting or not under dry land condition. This model used soil water amount condition as the must important parameter. Two experiments were established in the summer of 1995 and 1996, respectively at the ejido Fco. Villa, Durango, México. Two corn genotypes (Blanco Hualahuises and H-412) were used and the soil water amounts were measured since the beginning of the experiment in each plot. Also, grain yields were weighed for statistical analysis, wich consisted on using 2*2 contingency tables and X^2 interaction to estimate soil water amount for planting . The results indicated that the range optimum soil water amount for planting varies from 6.5 to 7.8 cm, for Blanco Hualahuises and 6.5 to 8.3 cm for H-412 in 1995 ; and 6.5 to 7.8 cm for Blanco Hualahuises in 1996. As main conclusion is that the X^2 interaction is a good tool to determine soil water ranges at the beginning of corn planting. Thus, farmer can decide if planting or not.

Key words: Statistical model, Genotypes, X^2 interaction.

Introducción

La producción de cultivos en las zonas áridas a nivel mundial es función de la expresión de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente y de la distribución del clima en tiempo y espacio. De tal manera que para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren los factores suelo, clima, planta y sus interacciones que ayuden a la toma de decisiones en este tipo de agricultura (HERNÁNDEZ *et al.*, 1993).

La agricultura en estas áreas tiene como limitante la precipitación pluvial, tanto en cantidad como en distribución. Sin embargo, la lluvia no siempre es el mejor parámetro para utilizarse en la caracterización de una región en cuanto a la disponibilidad de agua para las plantas. NIX y FITZPATRICK (1969); GOOS *et al.*, (1984); y VILLALPANDO (1985), consideran que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas es un mejor parámetro que la lluvia para usarse como elemento de predicción del éxito o fracaso del cultivo. Por lo tanto se puede emplear como una herramienta en la toma de decisiones. En consideración a lo anterior, el objetivo del estudio fue desarrollar un modelo estadístico basado en el contenido de agua almacenada en el suelo que permita tomar la decisión de sembrar.

Material y métodos

El experimento se estableció en el Ejido Fco. Villa, Mpio. de Cd. Lerdo Dgo. México (Comarca Lagunera) en el km 10 de la carretera Torreón-Nazareno. Geográficamente se encuentra en los 20(40'40" N y 103(21'00" W y a una altitud de 1,110

msnm (figura 1). Se localiza dentro de la Región hidrológica n.º 36 en donde los cultivos predominantes son maíz (47,7 %) y frijol (35 %) ocupando en conjunto el 82,7 % de la superficie cultivada dentro del área de secano (VOISIN y ORONA, 1993).

Características climáticas

Según la clasificación de Köppen modificada por GARCÍA (1973), el clima es árido con precipitaciones escasas todo el año y media anual de 240 mm. El periodo de lluvias comprende los meses de mayo a septiembre, lapso durante el cual se presenta el 70 % de la precipitación. La temperatura media anual es de 20,7 ºC. Sin embargo, en la zona durante la estación de primavera y verano(mayo, junio, julio y agosto) la temperatura llega hasta los 45ºC, ocasionando estrés hídrico en los cultivos con los consiguientes problemas en la producción agrícola.

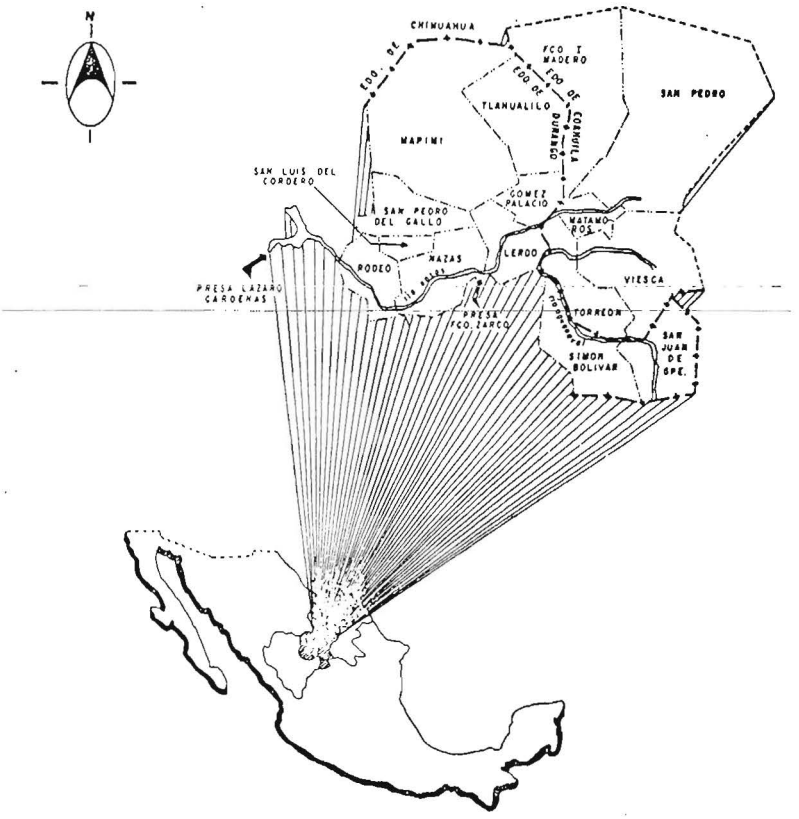


Figura 1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera en Durango, México
Figure 1. Geographic localization of the Comarca Lagunera in Durango, Mexico

Trabajo de campo

El trabajo se desarrolló durante el verano de 1995 y 1996. Se estableció un experimento con dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412) bajo las siguientes consideraciones: la fecha de siembra fue el 18 de septiembre y 23 de agosto de cada año, la densidad de siembra usada fue de 12 kg/ha, la fertilización se efectuó con la dosis 80-40-00 de nitrógeno y fósforo respectivamente, aplicándola toda al momento de la siembra.

Variables de campo evaluadas

a) Contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra (cm). La humedad del suelo fue medida una sola vez a la siembra, usándose la barrena Veimmheyer para esta determinación. Se obtuvieron muestras compuestas por parcela, de manera de evaluar el contenido de humedad a las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm. La humedad fue calculada por el método gravimétrico (MARTÍNEZ, 1971) utilizándose la ecuación 1 para su estimación.

$$Hg = (Psh + tara) - (Pss + tara) / /Pss+ tara) - tara \quad [1]$$

Hg = contenido de humedad gravimétrico en base a peso (g/g).

Donde: Psh = peso de suelo húmedo (g).

Pss = peso de suelo seco a la estufa a 105(C durante 24 horas (g).

Para expresarlo en unidades porcentuales se multiplica el valor que se obtenga por la ecuación 1 por 100. Luego para expresar estos valores de contenido de humedad en lámina de agua (cm) se empleo la ecuación 2:

$$Lr = (Hg) * Da * Z/\alpha \quad [2]$$

donde: Lr = lámina de agua en el suelo (cm).

Hg = contenido de humedad gravimétrico en base a peso (g/g).

Da = densidad aparente del suelo (g/cm^3).

Z = profundidad a la que se estime la humedad (cm).

b) Rendimiento de grano por parcela (ton/ha).

Diseño experimental

Se distribuyeron aleatoriamente 48 parcelas en el campo en una superficie de tres ha, la mitad (1,5 ha) fue sembrada con el genotipo Blanco Hualahuises (24 parcelas) y la superficie restante con H-412 (24 parcelas). Esta distribución se realizó con la finalidad de explorar un rango amplio de condiciones de humedad en base al microrelieve. La superficie en cada parcela fue de 5,6 m de ancho por 10 m de largo, sembrándose el maíz a 0,80 cm entre surcos y a 0,20 cm entre plantas, estableciendo siete surcos en cada parcela y cosechando cinco surcos para obtener rendimiento de grano por parcela.

Metodología

Para estimar el contenido de agua para definir la siembra, se utilizaron los valores de humedad (cm) en el suelo al momento de la siembra y rendimiento de grano durante 1995 y 1996, empleando para el análisis la metodología de interacción de X^2 referenciada por KEISLING y MULLINEX,

(1979), quienes aplicaron este procedimiento para evaluar umbrales de suficiencia o toxicidad en micronutrimentos y Goos *et al.* (1984), quienes trabajando en Dakota del Norte con 53 años de rendimiento de grano mediante esta herramienta definieron el contenido de agua en el suelo necesario para decidir la resiembra en trigo (Triticum *aestivum* L.), ellos encontraron que los contenidos de agua en el suelo menores de 6,4 cm no fueron adecuadas para la resiembra y que rangos de humedad de 6,4 a 9,4 cm presentaron igual cantidad de éxitos o fracasos en la resiembra, ubicando el contenido de agua de 9,4 cm como la necesaria para tener sucesos exitosos con rendimientos superiores a 1.350 kg ha^{-1} .

Esta metodología hace posible estimar el umbral (rango de agua en el suelo) más probable del cultivo, dividiendo la producción en éxitos o fracasos en base a la zona de entrecruce (zona que divide a la población en rendimientos arriba de la media y abajo de la misma), agrupando los datos en estratos que ayudan a estimar el contenido de agua que debe tenerse en el suelo para obtener rendimientos iguales o superiores al de la media regional (1.000 kg ha^{-1}). Lo anterior ayuda a tomar la decisión de sembrar o no. El valor del rendimiento promedio regional que se consideró (1000 kg ha^{-1}) para el área de estudio es similar al de otras áreas de México según lo reportado por Peña y Zapata (1990), ellos encontraron para maíz en la zona centro de México rendimientos de 645 a 835 kg ha^{-1} en genotipos precoces bajo condiciones críticas de humedad y con siembras tardías como sucedió en 1995 y 1996 para Blanco Hualahuises y H-412.

El valor de X^2 para cada valor crítico se calculó mediante la ecuación 3 que a continuación se describe.

$$X^2 = \frac{(N11\ N22 - N12\ N21)^2\ N..}{N1.\ N2.\ N.1\ N.2} \qquad [3]$$

Donde: N11 es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para contenidos de agua deficientes. N21 son la parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para contenidos de agua deficientes. N12 es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para contenidos de agua suficientes. N22 son las parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para contenidos de agua suficientes. N1. y N2. son el total de parcelas de la hilera correspondiente. N.1 y N.2 son el total de parcelas de la columna correspondiente y N.. es el total de parcelas evaluadas.

El calculo de los parámetros que integran la ecuación 3 se obtuvieron con el uso de tablas de contingencia de 2*2. Para realizar el procedimiento de las tablas de contingencia de 2*2 se utilizaron los siguientes valores críticos para contenido de humedad: 6,5, 7,0, 7,5, 8,0, 8,5, 9,0, 9,5, 10,0, 10,5 cm, además del rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-}. Los valores arriba y abajo de dicho rendimiento definieron la transición entre éxitos y fracasos.

Una vez efectuado el procedimiento de las tablas de contingencia, los valores obtenidos se sustituyen para cada valor crítico en la ecuación 3 y se calculan los valores de X^2, construyéndose un diagrama de dispersión con los valores de contenido de humedad en el eje de las (X) y valores de X^2 en el eje de las (Y) señalando en la gráfica la zona de entrecruce, este valor (zona de entrecruce) se obtiene con el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} en tablas de X^2 a un nivel de significancia (α) del 0.05 y para un grado de libertad (c-1),

(h^{-1}), columnas (c) e hileras (h) respectivamente (STELL y TORRIE, 1988) y en base a este diagrama se definen los rangos de humedad. Esta metodología de X^2 fue utilizada debido a que en un trabajo anterior LÓPEZ y PISSANI (1996), señalaron que el análisis de regresión como herramienta para lograr el mismo objetivo tuvo poco ajuste para la base de datos analizada, según los resultados de R^2 de 0.13, 0.49 ; para Blanco Hualahuises y de 0.32, y 0.29 ; para H- 412 en 1995 y 1996 respectivamente.

Resultados y discusión

Condiciones climáticas

Para 1995 las condiciones climáticas fueron muy limitadas, lo cual incrementó las condiciones de sequía que se tenían desde 1993. La precipitación durante este año fue de 182,6 mm y la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 118,5 mm (figura 2).

La figura 2 indica que durante 60 días el cultivo se mantuvo con la humedad almacenada en el suelo proveniente de la lluvia durante este lapso de tiempo. Lo anterior, originó problemas posteriores en el desarrollo del cultivo principalmente en la etapa de llenado de grano, esto debido a las altas temperaturas que se presentaron en los meses de septiembre a octubre que ocasionaron que la humedad se perdiera por evaporación provocando limitantes en la etapa de llenado de grano y redundando lo anterior en baja producción de grano.

En 1996 se presentaron condiciones de humedad en el suelo más críticas, la precipitación durante este año fue de 145,6 mm, la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 95 mm (figura 3). Sin embargo, a diferencia de 1995 en donde hubo mayor cantidad de eventos llu-

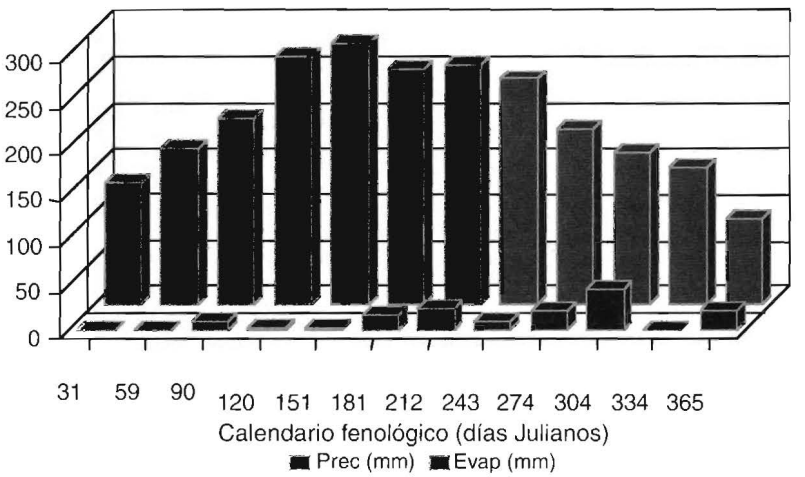


Figura 2. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación). Fco. Villa Dgo. México. 1995.
Figure 2. Climate behavior (evaporation and precipitation). Fco. Villa Dgo. Mexico. 1995

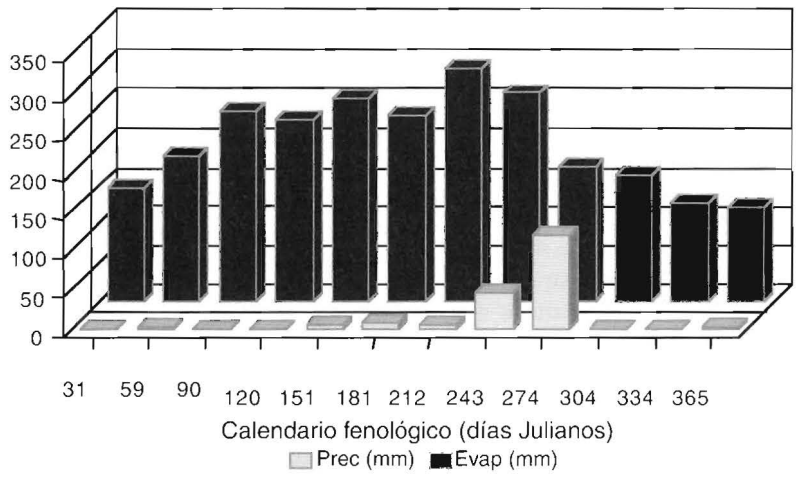


Figura 3. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación). Fco. Villa Dgo. México. 1996
Figure 3. Climate behavior (evaporation and precipitation). Fco. Villa Dgo. Mexico. 1996

viosos a través del ciclo; en 1996 la mayor cantidad de agua se precipito al momento de la siembra (80 mm), subsistiendo el cultivo con lluvias que en total fueron de 15 mm posterior al primer evento mencionado, de ahí que los contenidos de agua a la siembra fueran mayores que en 1995.

Lo anterior ocasionó que se tuvieran restricciones de humedad en el suelo en los dos ciclos con los consiguientes perjuicios en la producción que significo bajos rendimientos. Esto coincidió con lo reportado por JORDAN (1983); QUI y REDMAN (1993), quienes mencionan el efecto negativo de la reducción de humedad sobre el desarrollo del cultivo.

En el cuadro 1 y 2 se presenta la información de contenido de agua a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos en 1995 y 1996 en las 24 parcelas a partir de los cuales se estimó la metodología de interacción de X^2 que permitió calcular los rangos de contenido de humedad a la siembra.

Los resultados del cuadro 3 (valores de X^2 para ambos genotipos) y figuras 4 y 6 (interacción de X^2 para ambos genotipos) muestra que la zona de entrecruce para Blanco Hualahuises en los dos ciclos (1995 y 1996), presenta valores de contenido de agua de 6,5- 7,8 cm y 6,5-7,8 cm respectivamente a un nivel de significancia (α) del 0,005; para H-412 en 1996 no se obtuvieron rangos de humedad, ya que los valores de rendimiento de campo (cuadro 2) excedieron el valor de la media regional (1000 kg ha^{-1}) por lo cual no fue posible aplicar la metodología. En el área de estudio este es el rendimiento promedio que se consideró y a este valor hay que generar los modelos, observándose que en 1996 el menor valor de contenido de agua registrado a la siem-

CUADRO 1
RENDIMIENTO DE GRANO Y LÁMINA DE AGUA A LA SIEMBRA POR PARCELA EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412 . FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995
TABLE 1
GRAIN YIELD AND SOIL WATER AMOUNT AT PLANTING TIME PER PLOT IN BLANCO HUALAHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995

Blanco Hualahuises		H-412	
Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)	Rendimiento grano agua (kg/ha)	Contenido siembra (cm)
976	6,05	1.200,1	5,0
928	6,22	1.482,2	7,0
1.236,1	6,28	1.282,1	7,5
1.064,1	6,51	1.141	7,5
1.464,1	7,84	1.229,6	9,7
988	7,93	1.364,1	9,8
1.156,1	8,01	1.291,9	9,8
935	8,25	1.265,7	9,8
1.454,1	8,25	1.439,5	10,0
962	8,38	1.459,2	10,6
1.304,1	8,48	1.232,9	10,8
1.500,1	8,5	1.190,2	10,8
1.600,1	8,95	1.095,1	10,8
1.450,1	9,29	1.248,4	11,0
1.112,1	9,53	1.124,6	11,2
1.120,1	10,08	1.098,4	11,4
1.468,1	10,08	995	11,4
1.204,1	10,12	1.042,6	11,4
1.456,1	10,53	916,3	11,5
1.039,5	11,6		

bra fue de 8,22 cm (cuadro 2), lo cual supera cualquier rango de los calculados para Blanco Hualahuises. Para el caso del genotipo H-412 en 1995 (figura 5) el rango de humedad para definir la siembra se ubicó en valores de 6,5-8,3 cm.

En base a los resultados anteriores, es factible esperar con los rangos estimados en ambos genotipos un rendimiento igual o mayor al promedio regional y arriba de esos rangos de contenido de agua en el suelo se tendrán producciones mayores a 1.000 kg ha^{-1}.

Esto coincide con Goos *et al.* (1984) quienes mencionaron que el contenido de agua en el suelo a la siembra es un factor crítico en el éxito de la producción agrícola en zonas áridas.

CUADRO 2
RENDIMIENTO DE GRANO Y LÁMINA DE AGUA A LA SIEMBRA POR PARCELA EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1996
TABLE 2
GRAIN YIELD AND SOIL WATER AMOUNT AT PLANTING TIME PER PLOT IN BLANCO HUALAHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1996

Blanco Hualahuises		H-412	
Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)	Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)
3.090	6,36	2.120	8,22
2.440	6,42	2.090	8,76
2.400	6,75	2.430	8,85
1.080	7,26	1.590	8,85
950	7,32	2.250	8.88
950	7,32	1.830	9,0
1.010	7,50	2.310	9,25
1.870	7,53	2.770	9,27
1.030	7,59	2.200	9,27
1.620	7,65	2.040	9,33
2.010	7,81	2.010	9,33
3.060	8,13	1.920	9,60
2.730	8,67	3.130	9,81
2.150	8,73	2.150	9,9
1.700	8,79	2.050	9,9
3.030	9,0	1.490	10,02
1.500	9,18	1.280	10,02
940	9,21	1.440	10,08
2.270	9,24	1.640	10,35
2.850	9,63	1.370	10,47
2.260	9,66	1.200	10,47
850	9,75	1.800	10,56
2.520	9,96	1.250	10.77

Los anteriores resultados variaron debido a la diferencia que se presentó en contenidos de agua en el suelo entre parcelas. Sin embargo, se considera que los resultados son confiables al nivel de significancia obtenido y para cada genotipo.

Conclusiones

La metodología de interacción de X^2 es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo que

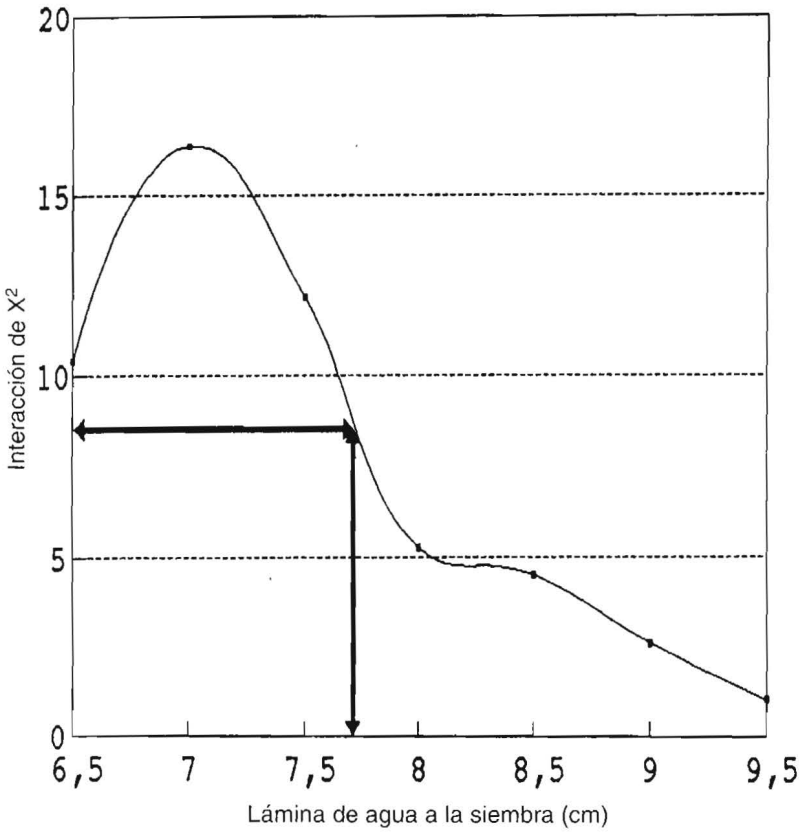


Figura 4. Interacción de X^2 para maíz Blanco Hualahuises . Fco. Villa, Dgo. México. 1995
Figure 4. X^2 interaction for Blanco Hualahuises maize. Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1995

definan las posibilidades de siembra o no siembra.

Los resultados mostraron que para el área, los rangos de contenido de humedad del suelo para establecer la siembra deben de ser de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises y 6,5-8,3 cm para H-412 respectivamente en 1995 ; y de 6,5 a 7,8 cm para Blanco Hualahuises en 1996 a un nivel de significancia (α) del 0,005. Estos rangos hicieron factible que se obtuvieran similar cantidad de éxitos o fracasos en los rendimientos de grano iguales o mayores a la media regional (1000 kg ha^{-1}). Por lo tanto, el contenido de agua en el suelo suficiente para tener sucesos exitosos con rendimientos superiores a 1000 kg ha^{-1} debe presentar valores iguales o mayores de 7,8 y 8,3 cm respectivamente, para Blanco Hualahuises y H-412 en los dos ciclos.

Se sugiere validar esta metodología en otras áreas de la Comarca Lagunera, Mé-

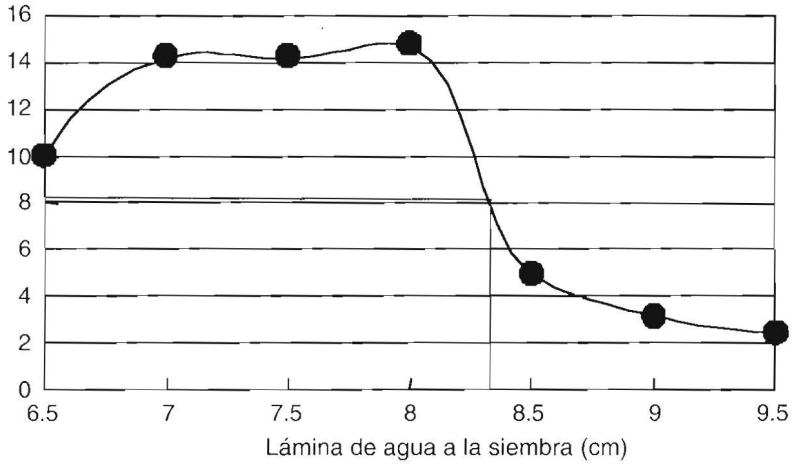


Figura 5. Interacción de X^2 para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. México. 1995
Figure 5. X^2 interaction for H-412 maize . Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1995

CUADRO 3
INTERACCIÓN DE X2 PARA RENDIMIENTO DE GRANO EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412 FCO. DGO. MÉXICO. 1995-1996
TABLE 3
X2 INTERACTION FOR GRAIN YIELD IN BLANCO HUALHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995-1996

	1995		1996	
	Blanco Hualahuises	H-412	Blanco Hualahuises	H-412
valor crítico contenido agua (cm)	valor X^2	valor X^2	valor X^2	valor X^2
6.5	9,971	9,4	10,40	–
7	14,181	9,42	16,38	–
7.5	14,181	20,0	12,15	–
8	14,701	8,88	5,28	–
8.5	4,931	8,88	4,50	–
9	3,131	8.88	2,58	–
9.5	2,421	2,71	1,019	–
10	1,019	2,71		
10.5	0,951			
11.0	0,24			

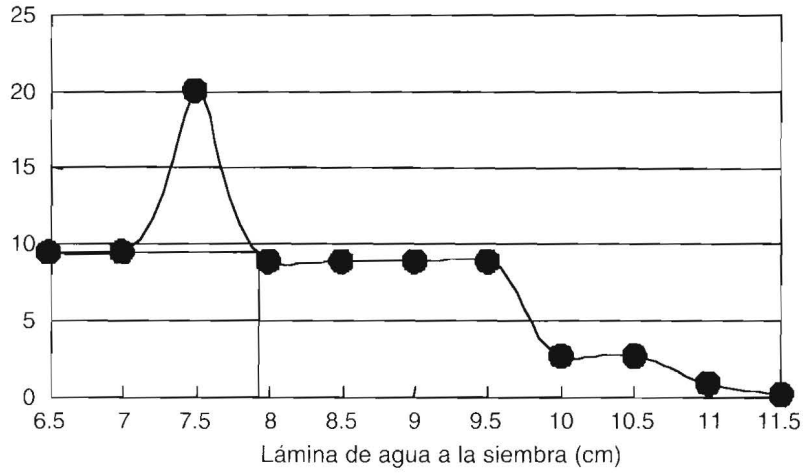


Figura 6. Interacción de X^2 para maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. México. 1996
Figure 6 X^2 interaction for Blanco Hualahuises maize. Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1996

xico, para ampliar sus perspectivas de aplicación e investigación bajo condiciones de riesgo climático.

Bibliografía

García E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Méxicana. Publicaciones UNAM. México, D.F.

Goos R. J., B.E. Jhonson. F.J., 1984. Sobolik and Schnaider. Stored available soil water and the fallow/recrop decision critical level approach. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1134-1137.

Hernández Y., C., Villa, C. M. y Jiménez, L., 1993. Crop production regional risk analysis. Conferencia Internacional para el desarrollo de zonas áridas. México, D.F. pp. 54

Jordan W., 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A.,Jordan and T. R. Sinclair(Eds.). ASA-SSSA. Madison, Wi. USA. pp. 289-317.

Keisling T. C. and B. Mullinex., 1979. Statistical consideration for evaluating micronutrient tests. Soil Science Soc. Am. 43:1181-1184.

López M. J.D. y Pisani Z. J.F., 1996. Enfoque metodológico para la planeación de la agricultura de secano. Memorias de seminarios de investigación de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo, León, México. pp. 51-56.

Martínez M.M., 1971. Calibración y comparación de algunos métodos para la determinación de humedad del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Nix H.A. and Fitzpatrick E.A.,1969. An index of crop stress related to wheat and grain sorghum yields. Agr. Meteorology J.6:321-337.

Peña R.A., Zapata R.J., 1990. Respuesta de variedades precoces de maíz a condiciones de temporal deficiente. Tercera reunión nacional de investigación forestal y agropecuaria. Ags. Méx. pp. 54-55.

QUI M.Q. and REDMAN R.E.1993. Seed germination and seddling survival of C4 and C3 grasses under water stress. J. Arid Environments. 24:277-285.

STEEL D.R.G. y TORRIE J.H., 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Mc Graw-Hill. México, D. F. p. 567.

VILLALPANDO I.,J.F., 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Consejo directivo de investigación agrícola, pecuaria y forestal. México, D.F. pp. 67-79.

VOISIN O. , ORONA C.I., 1993. Agricultura de Temporal. Estudio de los factores que influencian los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica n.º 36. SARH-INIFAP-CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango México. pp. 273-285.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 149-178

MODELO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL MANEJO DEL AGUA DE RIEGO. APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE LA AGRICULTURA DE REGADÍO EN LA VEGA DEL TAJO (TOLEDO)

J.F. Ortega
J.A. de Juan
J.M. Tarjuelo
R. Merino

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

RESUMEN

Tratándose el agua de un recurso escaso, así como de un factor de producción importante económicamente, y contemplando las directrices actuales de la Política Agraria Común (PAC), se ha aplicado un modelo de optimización económica de las alternativas de cultivo en una explotación agrícola tipo de la provincia de Toledo, con el fin de maximizar el beneficio económico de la explotación atendiendo al agua disponible. Este modelo se plantea como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre e importantes cambios futuros consecuencia de la política agraria europea para el año 2000.

El modelo consta de tres submodelos. En el primero de ellos se determinan las necesidades netas de los cultivos, para diferentes supuestos de déficit de evapotranspiración, evaluando su efecto sobre la producción. Posteriormente, y mediante la determinación de los márgenes brutos para cada actividad agrícola seleccionada, se obtienen los márgenes brutos máximos con sus láminas de riego (láminas óptimas). Finalmente, se consigue la solución que ofrece el retorno económico máximo de las explotaciones tipo, atendiendo a sus disponibilidades de agua.

La solución obtenida por la aplicación del modelo, indica la importancia de incluir en la alternativa de cultivos especies hortícolas, en buena medida de orientación industrial, destacando el interés de potenciar el sector agroindustrial, ya existente en la comarca, como solución de futuro, asegurando su dinamismo y competitividad.

Palabras clave: Funciones de producción, Uniformidad de riego, Modelización económica, Optimización económica, Gestión del agua.

SUMMARY
DECISSION SUPPORT MODEL FOR IRRIGATION MANAGEMENT. A STUDY CASE IN THE TAJO´S MEADOW (TOLEDO, SPAIN)

Water is a scarce resource and a main factor from an economical point of view. An economical-optimisation model has been applied to determine the most suitable

crop alternative in a farm at Toledo's province. The model has been developed taking into account these assumptions and the current guidelines stipulated by the Common Agrarian Policy (CAP). This model has the aim of maximising economic return of the farm depending on the available-water quantity. The model is aimed to work as a useful tool in the making decission support process, specially under uncertainty context and important future changes as a conseguence of the settings given by European Agrarian Policy for the coming century.

Three submodels compose the model. The first one determines crop's net water requirements. Several evapotranspiration deficits have been involved in the first submodel, and its effect on yield has been evaluated. The next step is to obtain maximum gross returns with its respective gross application depths (optimum application depths) by determining gross return of each agricultural activity considered. Finally, the crop-alternative solution that offers the maximum economic profit is attained, taking into account water availability.

The final solution when applying the model emphasises the importance of including vegetables especially dedicated to the processing sector. Therefore is necessary to develop this sector as a future solution.

Key words: Production functions, Irrigation uniformity, Economic modelling, Economic optimisation, Water management.

Introducción

Los sistemas agrícolas se caracterizan por la interdependencia y complejidad de sus componentes y por la variabilidad y riesgo asociado a las decisiones sobre su manejo. Los agricultores actualmente están afrontando presiones económicas y medioambientales, fluctuaciones de ingresos año tras año debidas a las variaciones en las condiciones climáticas, y cambios en los precios y mercados. El uso de fertilizantes químicos y productos fitosanitarios son un aspecto esencial de una explotación moderna: representan buena parte de los costes de producción y son el principal objetivo de la crítica medioambiental.

En un ambiente de incertidumbre respecto a las soluciones a adoptar, la nueva Política Agraria Común (PAC) presenta como alternativa posible el incrementar o mantener la rentabilidad económica sin producir excedentes, de esta forma los productos serán más competitivos en un mercado considerado global. De igual modo, pretende fomentar un desarrollo rural por el incremento de ingresos y niveles de empleo, reduciendo los costes de producción a través de un mejor uso de los recursos, y disminuyendo el impacto negativo en el ambiente de las explotaciones agrícolas. En semejante contexto dinámico, los agricultores están obligados a cambiar sus sistemas de producción (alternativas de cultivos e itinerarios técnicos) donde el agua utilizada se debe considerar como un recurso limitado, un factor de producción y un importante "input" económico. Además, el mal uso de este factor puede dar lugar a problemas medioambientales, sobre todo en aquellas zonas donde los fenómenos de desertificación y contaminación de acuíferos son hechos contrastados.

El agua es un factor altamente limitante en Castilla-La Mancha; el clima de la región es semiárido siendo económicamente poco rentable el cultivo en secano en amplias zonas de la misma. Por esta razón, uno de los objetivos principales de la política regional en cuestiones agrarias es modernizar y mejorar las explotaciones de regadío existentes, consolidando los derechos históricos del uso del agua mediante su manejo óptimo. La provincia de Toledo cuenta con una superficie de regadío de algo más de 82.000 ha (MAPA, 1996), las cuales se localizan mayoritariamente en las zonas de vega del Tajo.

El objetivo de este trabajo es analizar las estrategias de utilización de los recursos hídricos disponibles en las explotaciones, con el fin de determinar las alternativas de cultivos y las láminas de riego que dan lugar a los máximos beneficios considerando diferentes escenarios de simulación. Para ello, se ha utilizado un modelo de ayuda a la toma de decisiones compuesto por tres submodelos (DE JUAN *et al.*, 1996; TARJUELO *et al.*, 1996; ORTEGA *et al.*, 1997).

Material y métodos

El modelo de optimización del uso del agua se ha aplicado a una explotación agrícola tipo de la provincia de Toledo. La explotación posee un perímetro regable comprendido entre las 10 y 50 ha; conformando el tipo de explotación representativa de las zonas de vega de dicha provincia, donde predomina la mano de obra familiar y un alto nivel de autoempleo, de gran importancia para la vertebración del medio rural. Los suelos, formados en gran parte a partir de depósitos aluviales recientes, son profundos, de pH neutro, textura franco-areno-limosa y con una capacidad media de retención de agua de 1,30 mm cm^{-1}.

El sistema de riego más extendido en la zona es aspersión en cobertura total enterrada, con un marco de riego de 18 m x 18 m, una pluviometría media de 6 mm h^{-1} y una presión de trabajo en torno a 350 kPa. En algunos cultivos hortícolas como el melón, el tomate y el pimiento se ha extendido el riego por goteo, alcanzando mayor calidad en los frutos.

Los cultivos elegidos como posibles constituyentes de una alternativa han sido seleccionados teniendo en cuenta la importancia de éstos en la provincia de Toledo, en lo referente a la superficie ocupada, rendimientos y producciones. El cuadro 1 muestra los cultivos seleccionados, junto con la fecha de siembra y recolección, la duración de sus ciclos agronómicos y el rendimiento agrícola máximo cosechable, además de la restricción de superficie máxima cultivable empleada durante el proceso de optimización. Por otra parte, se ha seleccionado una serie de dobles cultivos como son: ajo seguido de lechuga de otoño, lechuga de primavera y judía de segunda cosecha, lechuga de primavera y tras ella coliflor y lechuga de primavera precediendo a la patata tardía, como posibles actividades productivas de interés.

El primer submodelo, paso inicial del procedimiento desarrollado para la optimización de los sistemas de producción, se presenta, en forma de diagrama de flujos, en la figura 1. En esta figura, al igual que en las demás correspondientes a los diagramas de flujo, el subíndice *i* hace referencia a cada uno de los cultivos posibles, *j* a las diferentes relaciones ETa/ETm, *t* a cada uno de los años de la serie climática consi-

CUADRO 1
CULTIVOS SELECCIONADOS, FECHAS DE SIEMBRA Y RECOLECCIÓN, DURACIÓN DEL CICLO, RENDIMIENTO AGRÍCOLA MÁXIMO Y RESTRICCIÓN DE SUPERFICIE MÁXIMA
TABLE 1
SEEDING AND HARVEST DATES, CYCLE'S LENGHT, MAXIMUM AGRICULTURAL YIELD AND MAXIMUM CULTIVABLE LAND OF THE STUDIES CROPS

Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de recolección	Duración del ciclo (días)	Rendimiento máximo (kg ha^{-1})	Superficie máxima (ha)
Trigo blando invierno	15 Noviembre	5 Julio	232	5500	45
Trigo duro de invierno	20 Octubre	2 Julio	255	5500	45
Trigo duro de primavera	15 Enero	6 Julio	172	5500	45
Cebada invierno	5 Noviembre	30 Junio	229	5800	45
Cebada primavera	15 Enero	30 Junio	162	5400	45
Maíz	20 Abril	15 Noviembre	209	13000	45
Guisante proteaginoso	20 Enero	15 Junio	146	5000	15
Girasol (cosecha única)	15 Abril	20 Septiembre	158	4800	45
Tabaco	1 Mayo	25 Agosto	117	2490	45
Alfalfa implantación	15 Abril		179	16750 (Heno)	10
Alfalfa régimen				24800 (Heno)	50
Lechuga (primavera)	10 Marzo	26 Mayo	77	50000	4
Lechuga (otoño)	10 Septiembre	20 Diciembre	101	40000	3
Melón	15 Abril	15 Septiembre	153	35000	10
Tomate industria (transplante)	5 Mayo	20 Septiembre	138	76000	10
Pimiento industria (transplante)	10 Mayo	25 Septiembre	138	40000	10
Ajo	5 Enero	25 Julio	201	11000	10
Cebolla (transplante)	20 Abril	5 Septiembre	138	80000	15
Patata (media estación)	15 Marzo	30 Agosto	168	35000	10
Patata (tardía)	10 Junio	15 Noviembre	158	30000	15
Espárrago (implantación)	10 Marzo		279	0	10
Espárrago (producción)				8000	10
Zanahoria	10 Abril	15 Noviembre	219	60000	10
Judías verdeo (2ªcosecha)	8 Julio	15 Octubre	99	12000	10
Coliflor	10 Julio	20 Noviembre	133	35000	10

derada, y *n* identifica cada una de las etapas fenológicas del cultivo a lo largo de su ciclo agronómico.

Este primer submodelo proporciona, entre otros resultados, las necesidades estacionales netas de riego para cada cultivo. Para ello se realiza la programación de riegos atendiendo a los escenarios climáticos y culturales considerados, estimando el efecto que las diferentes programaciones de riego, como consecuencia de emplear dis-

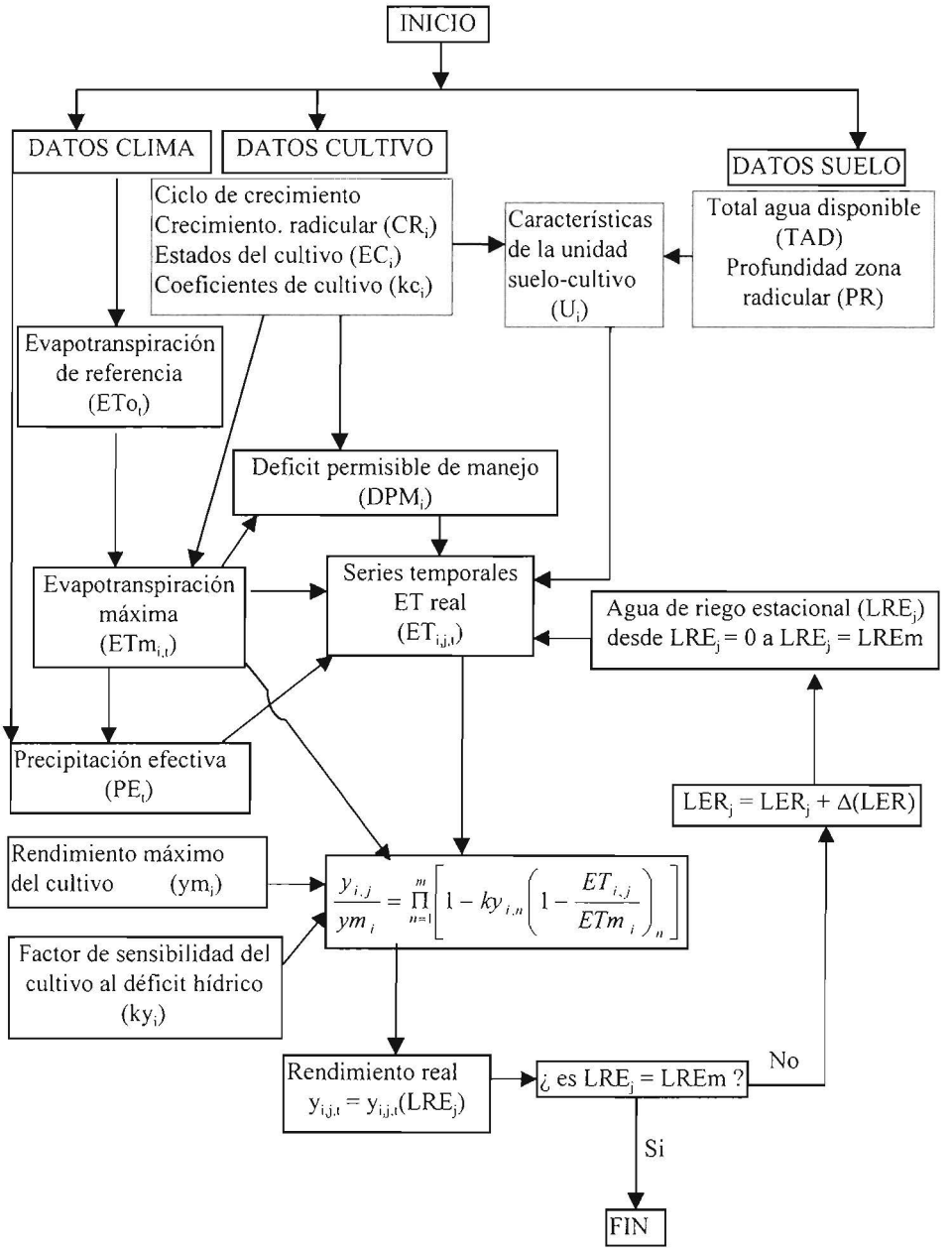


Figura 1. Diagrama de flujos del primer submodelo

Figure 1. General flow and components handlled by actual evapotranspiration and actual crop yield in fisrt submodel

tintas reducciones de la ETa con respecto a la ETm, tienen sobre el rendimiento real del cultivo. Para la realización de la programación de riegos se ha seguido la metodología FAO (DOORENBOS y PRUITT, 1984). La ETo se estima basándose en los datos climáticos registrados en la Estación Meteorológica de Toledo durante una serie de 20 años (1974-1993) y empleando el valor medio de los resultados ofrecidos por los métodos de Penman-FAO (DOORENBOS y PRUITT, 1984) y Penman-Monteith (HATFIELD, 1985). Se tomó el valor medio de ambos métodos, como estimación más real de la ETo, puesto que el primero sobreestima los valores reales y el segundo los subestima en condiciones climáticas semiáridas (VILLALOBOS, 1992; MANTOVANI, 1993). Seguidamente, tal como se recoge en el diagrama de flujo correspondiente a este submodelo, mediante el coeficiente de cultivo (Kc), se estimó para cada cultivo y en cada momento de su ciclo la evapotranspiración del cultivo sin restricciones hídricas (ETm).

La precipitación efectiva (Pe), necesaria para establecer la programación de riegos siguiendo el método del balance hídrico simplificado en el conjunto suelo-planta-atmósfera, se ha cuantificado de acuerdo con las recomendaciones del U.S.B.R. (United States Bureau of Reclamation), descritas por SMITH (1989).

Se ha determinado la programación de riegos para tres escenarios climáticos que introducen en la simulación la variabilidad climática observada en la serie temporal analizada (20 años). Estos tres escenarios climáticos son el año seco, medio y húmedo, determinados siguiendo criterios de probabilidad mensual de lluvia (DOORENBOS y PRUITT, 1984). El año seco se ha definido como aquel año con una precipitación anual acumulada cuya probabilidad de ser superada es del 80 %, mientras al año húmedo se le asigna una pluviometría con una probabilidad de ser superada del 20 %.

Finalmente, indicar que este submodelo realiza una estimación del rendimiento en función de las láminas netas de riego calculadas para las diferentes restricciones evapotranspirativas impuestas, habiéndose manejado relaciones de evapotranspiración (ETa/ETm) del 80, 60 y 40 %, necesarios para la estimación de los itinerarios técnicos en cada supuesto productivo. Para ello se recurre a la función de STEWART *et al.* (1977), empleando valores del factor de respuesta al estrés hídrico (k_y) basados en DOORENBOS y KASSAM (1981).

Cualquier sistema de riego, no reparte la misma cantidad de agua en todos los puntos por él cubiertos. Esta falta de uniformidad en la aplicación del agua conlleva una lámina infiltrada diferente según los puntos de la parcela cultivada de que se trate, que a su vez asumimos que repercutirá en diferente cantidad de agua a disposición del cultivo. Este fenómeno, entre otros efectos, provocará diferencias en el crecimiento y desarrollo de los cultivos y consecuentemente sobre la biomasa cosechable, distintas en función de la sensibilidad de cada especie (PERI *et al.*, 1979; WARRICK y GARDNER, 1983; DUKE *et al.*, 1991; MANTOVANI *et al.*, 1992; MANTOVANI, 1993). El segundo submodelo, cuya representación esquemática de funcionamiento se recoge en la figura 2, cuantifica el efecto de la uniformidad del sistema de riego, caracterizándolo mediante el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) medio para toda la estación de riegos, sobre el rendimiento. En base a ello, y atendiendo a criterios y datos económicos, optimiza la lámina de riego, definida como aquella que permite el mayor margen bruto.

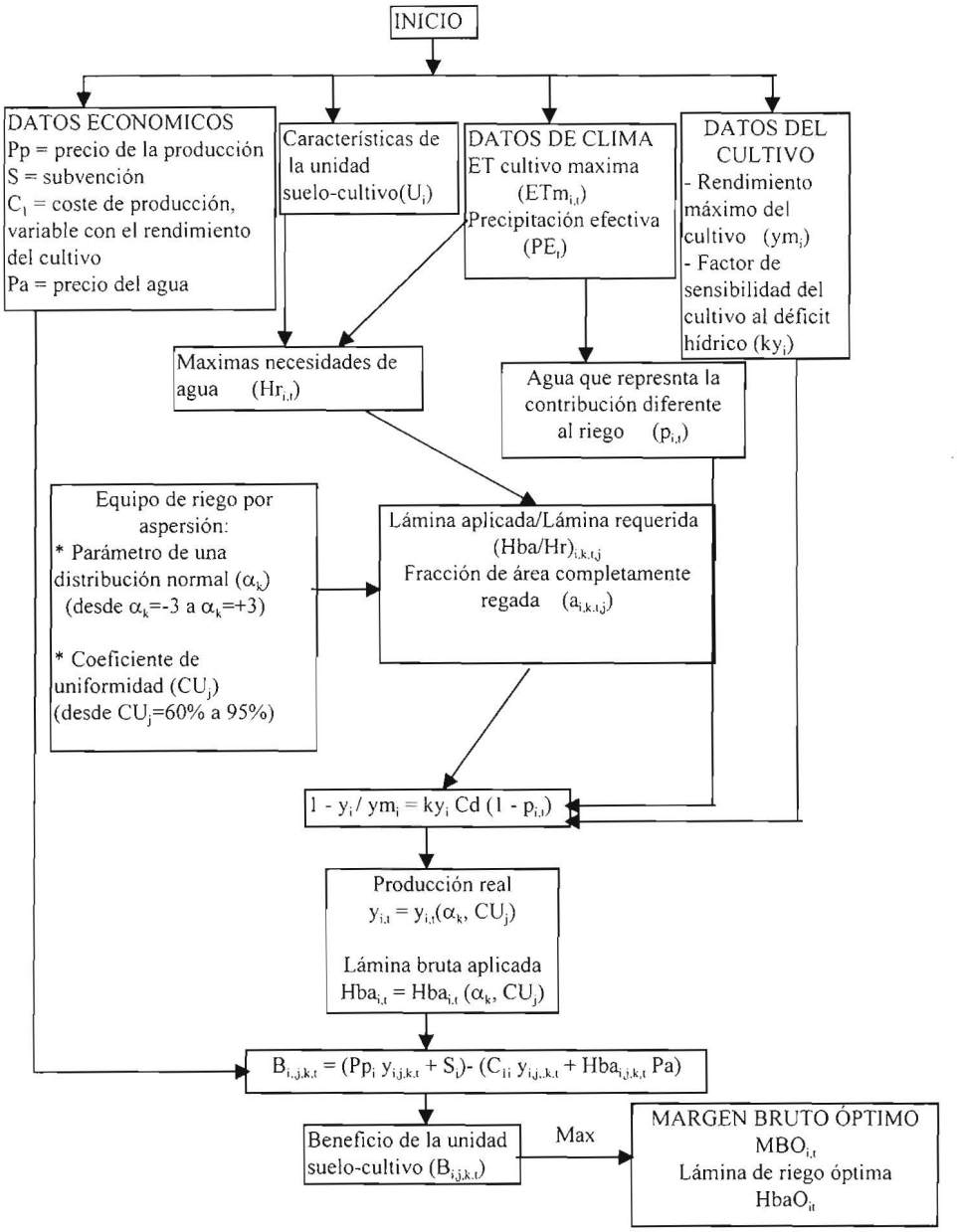


Figura 2. Diagrama de flujos del segundo submodelo

Figure 2. General flow and components handled od optimal irrigation depth according to the second submodel

Se incorpora a la función de producción elegida (STEWART *et al.*, 1977), la función de distribución de agua por el sistema de riego (ORGAZ *et al.*, 1992; MANTOVANI, 1993). Se ha adoptado una distribución normal del agua de riego sobre la parcela (WU, 1988; DUKE *et al.*, 1991; MANTOVANI *et al.*, 1992; ANYOJI y WU, 1994), valida para valores de CU superiores a 0,60, la cual, incorporada a la función de producción ha entrado a formar parte de este segundo submodelo. La relación con la función de distribución se establece a través del coeficiente de déficit (Cd), que expresa la relación entre la lámina de déficit (Hd) y la lámina de agua requerida por el cultivo (Hr) (TARJUELO, 1995), y teniendo en cuenta, a través del parámetro p, los aportes de agua disponibles para la evapotranspiración del cultivo diferentes al riego. Han sido considerados dos valores de CU, relacionado con el coeficiente de variación y con el Cd necesario para el modelo (DE JUAN *et al.*, 1996), uno del 75 %, representativo de instalaciones viejas y deficientemente manejadas, y otro del 85 %, propio de instalaciones mejor conservadas y manejadas.

Entre los datos económicos necesarios destaca el estudio de los costes de producción de los cultivos analizados. Fue precisa la elaboración previa y valoración económica de una serie de itinerarios técnicos para los cultivos contemplados, de cara a determinar los costes totales de producción. Para ello se tuvo principalmente en cuenta la información aportada por agricultores y técnicos de la zona estudiada. Los costes totales se clasificaron, a su vez, en costes directos y costes financieros; los costes directos se componen de costes externos (fertilizantes, semillas y productos fitosanitarios), costes calculados (mano de obra y maquinaria) y costes estimados (seguros, secado de productos, alquiler de maquinaria, etc.). Los costes financieros, que representan los costes derivados del capital circulante necesario para cada campaña agrícola de producción, son proporcionales a la duración de la actividad. Los costes relativos al agua se consideran, en un capítulo aparte, como costes variables; en este caso, se han manejado dos precios del agua (Pa), de 10 y 20 pta m^{-3}, como consecuencia de las distintas necesidades de energía y costes de amortización que se pudieran presentar durante el proceso de captación, distribución y aplicación del agua de riego.

El margen bruto (MB) de cada cultivo se obtiene como la diferencia entre los ingresos brutos (I) y los costes totales (CT). Se han considerado como ingresos brutos de cada cultivo los correspondientes al producto de la producción mercadeable (tanto productos como posibles subproductos) por el precio de la misma, más la ayuda compensatoria estipulada en el reglamento de la PAC correspondiente a la Comarca de Talavera de la Reina. En todos los casos se han manejado precios promedio para la comarca tomando como año de referencia 1995, empleando, siempre que ha sido posible, la información oficial al respecto (convenio salarial de los trabajadores del campo, normativa de la PAC, etc.).

Esta operación de valoración de los itinerarios técnicos se realizó tanto para la hipótesis de máxima producción, es decir, satisfaciendo con la programación de riegos el 100% de la ETm, como para reducciones del 20, 40 y 60 % de la ETm. A partir de ellos se obtuvo la función continua, mediante ajustes estadísticos altamente significativos, de costes con la relación de evapotranspiración.

Para cada supuesto climático (años seco, medio y húmedo), cultivo y combinación

de precio del agua y coeficiente de uniformidad, se consiguió una función que relacionaba el margen bruto obtenido en cada cultivo con las láminas brutas de riego utilizadas.

El tercer, y último, submodelo se presenta esquemáticamente en la figura 3 y su objetivo es determinar la alternativa de cultivos óptima, de modo que se maximice el retorno económico esperado de acuerdo con las características de cada explotación. La solución óptima, o conjunto de soluciones alrededor del óptimo, se ha elegido por técnicas de programación no lineal, consecuencia de la función de márgenes brutos obtenida; durante el proceso de optimización se incluyen las restricciones necesarias para caracterizar la explotación agrícola tipo, atendiendo a diferentes aspectos técnicos, agronómicos, comerciales, disponibilidades hídricas, restricciones de cultivo impuestas por la PAC, etc. Una de las restricciones más importantes, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, es la de superficie máxima cultivable para cada especie agrícola de interés, de forma que se consigan alternativas de cultivo razonables. Estas limitaciones son las que se muestran en el cuadro 1.

Se han simulado diferentes posibilidades de disponibilidades hídricas, de las cuales en este trabajo se presentan dos:

- Agua de riego ilimitada. Se trata de una situación frecuente en el pasado y con la que se tendía a manejar el sistema productivo de modo que se obtuviesen las mayores producciones de los cultivos que se creían más rentables económicamente.

- Disponiblilidad de 4.000 m^3 ha^{-1}. Situación probable, hacia la que se esta caminando en gran cantidad de zonas regables

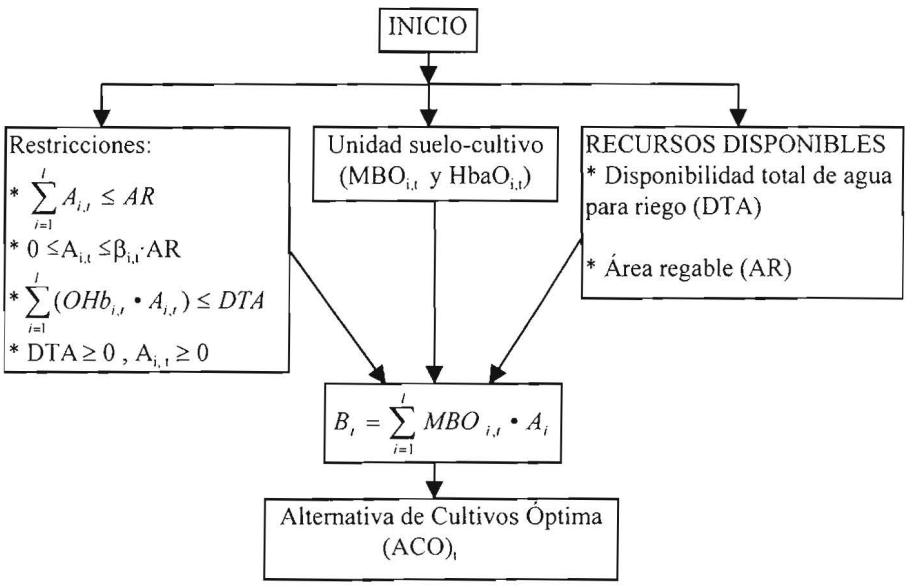


Figura 3. Diagrama de flujos del tercer submodelo

Figure 3. General flow and components handled by optimal crop rotation in third submodel

de comarcas semiáridas. Con ello se analizará el efecto de este presumible cambio sobre la agricultura de regadío de la zona analizada.

Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación del primer submodelo, procedentes de la programación de riegos y relativos a las necesidades netas de riego para cada cultivo bajo tres escenarios climáticos diferenciados: años seco, medio y húmedo, se muestran en los cuadros 2, 3 y 4, respectivamente. En todos los casos se recogen los resultados correspondientes a las necesidades netas satisfaciendo la evapotranspiración necesaria para la máxima producción, así como las obtenidas considerando relaciones de evapotranspiración (ETa/ETm) del 80, 60 y 40 %, para las cuales se incorporan las reducciones reales que sufre el rendimiento del cultivo, según el modelo multiplicativo de predicción de STEWART *et al.* (1977). La variabilidad que se registra en los descensos de rendimiento dentro de una misma meta de reducción de evapotranspiración es debida a dos factores, por una parte a la diferente respuesta de los cultivos al estrés hídrico, contemplado a través del factor de respuesta (k_y), y por otra, a la variabilidad en la distribución de la precipitación dentro del ciclo agronómico de cada especie cultivada.

Los cultivos con mayores necesidades netas, analizando la hipótesis de satisfacer la evapotranspiración máxima, son para el año medio: zanahoria (753 mm), alfalfa (656 mm), patata de media estación (651 mm) y tomate de transplante (586 mm), cultivos con un ciclo relativamente largo y con las etapas más intensas de crecimiento y desarrollo en los meses estivales de alta demanda evaporativa. En el otro extremo, los cultivos que presentan, en estas condiciones, las menores necesidades netas son: lechuga de otoño (52 mm), lechuga de primavera (124 mm) y cebada de invierno (184 mm), siendo todos ellos cultivos que desarrollan sus ciclos agronómicos en meses de baja demanda evapotranspirativa.

El segundo submodelo ofrece los resultados referentes a la lámina de riego bruta óptima para cada cultivo, considerando diferentes situaciones de coeficiente de uniformidad del sistema y siguiendo un proceso de optimización basado en criterios económicos (cuadros 5 y 6).

En todos los cultivos, supuestos de precipitación y precio de agua estudiados, se obtiene un mayor margen bruto cuando el CU es del 85 %, excepto para el caso del girasol. Por otra parte, se observa como se obtienen mayores márgenes brutos y láminas de riego óptimas mayores con el precio de agua menor (10 pta m^{-3}), comportándose también en este caso el girasol como un cultivo diferente, en el que la lámina de riego no se ve afectada por los supuestos de precio de agua manejados. Por otro lado, se observa como la lámina de riego óptima, correspondiente al mayor margen bruto, es inferior a la lámina bruta correspondiente a la máxima producción. Consiguientemente, el coste marginal del agua de riego aplicada se alcanza con un nivel de rendimiento significativamente inferior al máximo rendimiento agrícola para la explotación tipo caracterizada en este trabajo.

Si atendemos al comportamiento de las láminas de riego óptimas dentro de los diferentes escenarios simulados, y a la relación entre ellas en función de las variables contempladas, podemos comprobar como

CUADRO 2
NECESIDADES NETAS Y DÉFICITS REALES DE PRODUCCIÓN PARA DISTINTOS ESCENARIOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN. AÑO SECO
TABLE 2
NET NEEDS AND ACTUAL DEFICIT OF PRODUCTION FOR EACH EVAPOTRANSPIRACION SCENARIOS. DRY YEAR

	100% ETm	80% ETm		60% ETm		40% ETm	
Cultivos	Necesidades netas (mm)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)
Trigo blando invierno	401,8	290	18,6	179,4	38,3	89,5	53,7
Trigo duro de invierno	431,8	312,2	19,4	216,9	35,7	75,1	57,8
Trigo duro de primavera	428,8	316,8	19,4	215,8	36,0	74,5	60,3
Cebada invierno	288,8	206,0	17,1	135,3	29,8	0,0	54,2
Cebada primavera	306,3	226,0	16,4	135,7	31,5	0,0	57,6
Guisante proteaginoso	275,0	205,8	20,1	133,2	42,2	61,5	61,9
Ajo	551,0	390,6	22,6	291,1	41,0	153,0	61,1
Maíz	694,4	535,2	22,7	316,9	50,0	173,0	70,2
Girasol (cosecha única)	552,1	424,5	16,6	301,7	32,5	180,6	45,8
Tabaco	532,0	411,5	16,5	247,7	35,9	128,9	52,0
Alfalfa implantación	559,2	409,1	18,1	300,2	34,1	155,4	51,1
Alfalfa régimen	787,0	550,0	20,6	449,0	36,2	241,2	58,8
Lechuga (primavera)	184,7	121,6	17,1	50,9	38,2	0,0	56,0
Lechuga (otoño)	151,2	120,6	17,2	70,8	33,1	37,0	49,4
Melón	609,6	472,7	19,6	289,6	38,0	164,7	54,6
Tomate industria (transplante)	655,6	504,8	21,6	321,5	40,4	250,2	57,5
Pimiento industria (transplante)	630,0	482,8	22,3	304,3	42,4	236,6	60,5
Cebolla (transplante)	647,0	489,9	23,9	367,7	43,0	223,8	61,2
Patata (media estación)	743,7	565,4	23,4	409,4	44,0	230,6	63,2
Espárrago (implantación)	618,8	447,1	21,3	324,3	37,6	129,8	61,4
Espárrago (producción)	719,1	540,1	20,1	366,7	39,7	247,9	54,9
Zanahoria	894,0	669,1	21,1	491,0	39,0	301,6	57,4
Patata (tardía)	606,6	477,7	22,7	364,5	41,2	252,3	62,0
Judías verdeo (2ªcosecha)	467,1	369,2	23,0	283,5	43,7	186,1	61,6
Coliflor	456,1	346,7	20,4	262,7	39,7	144,9	60,3

CUADRO 3
NECESIDADES NETAS Y DÉFICITS REALES DE PRODUCCIÓN PARA DISTINTOS ESCENARIOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN. AÑO MEDIO
TABLE 3
NET NEEDS AND ACTUAL DEFICIT OF PRODUCTION FOR EACH EVAPOTRANSPIRACION SCENARIOS. AVERAGE YEAR

	100% ETm	80% ETm		60% ETm		40% ETm	
Cultivos	Necesidades netas (mm)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)
Trigo blando invierno	281,3	175,8	17,9	66,5	35,9	0,0	43,8
Trigo duro de invierno	315,6	184,4	18,1	68,4	36.4	0,0	48,5
Trigo duro de primavera	316,1	203,7	20,0	113,9	37,6	0,0	55,1
Cebada invierno	184,2	99,1	14,9	0,0	32,4	0,0	32,4
Cebada primavera	206,1	123,4	15,0	0,0	38,7	0,0	38,7
Guisante proteaginoso	207,8	129,1	20,5	46,8	40,5	0,0	49,7
Ajo	434,1	295,0	23,0	142,8	42,3	0,0	65,8
Maíz	549,7	397,3	21,2	244,9	43,5	118,5	61,5
Girasol (cosecha única)	458,6	310,7	17,9	172,5	34,5	0,0	56,2
Tabaco	464.0	333,5	15,9	242,9	30,6	126,2	44,1
Alfalfa implantación	451.8	276,2	20,3	150,0	37,4		
Alfalfa régimen	656,4	472.7	19,4	295,5	35,2	151,2	50,8
Lechuga (primavera)	123,7	66,8	18,0	0,0	36.2	0,0	36,2
Lechuga (otoño)	51,5	34,8	8,6	23,7	15,2	0,0	32,1
Melón	515,8	384,3	19,0	227,3	41,6	93,0	61,0
Tomate industria (transplante)	585,7	420,0	21,9	230,1	41,9	125,4	56,7
Pimiento industria (transplante)	556,1	400,6	22,3	219,0	43,2	125,0	57,9
Cebolla (transplante)	575,0	411,6	21,9	277,1	42,0	148,7	61,2
Patata (media estación)	651.2	454,5	22,5	290,0	42,3	151,2	61,7
Espárrago (implantación)	370.3	234,4	16.8	61,2	39,3	0,0	55,4
Espárrago (producción)	532,0	369,2	17,8	199,0	37,9	80,4	51,9
Zanahoria	753,1	543,3	20,4	347,3	39,4	185,1	56,5
Patata (tardía)	507.7	376.2	21,1	243,0	43.8	131,4	63,5
Judías verdeo (2ª cosecha)	419,0	318,3	23,7	224,1	42,4	115,8	67,2
Coliflor	371,6	273,9	17,9	177,0	38,3	84,7	57,8

CUADRO 4
NECESIDADES NETAS Y DÉFICITS REALES DE PRODUCCIÓN PARA DISTINTOS ESCENARIOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN. AÑO HÚMEDO
TABLE 4
NET NEEDS AND ACTUAL DEFICIT OF PRODUCTION FOR EACH EVAPOTRANSPIRACION SCENARIOS. HUMID YEAR

	100% ETm	80% ETm		60% ETm		40% ETm	
Cultivos	Necesidades netas (mm)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)	Necesidades netas (mm)	Déficit real de producción (%)
Trigo blando invierno	249,0	109,4	19,1	0,0	36,9	0,0	36,9
Trigo duro de invierno	292,1	149,8	20,2	33,4	38,7	0,0	41,8
Trigo duro de primavera	293,7	191,9	18,2	75,6	35,9	0,0	48,6
Cebada invierno	142,6	39,9	19,4	0,0	22,7	0,0	22,7
Cebada primavera	177,3	87,0	16,8	0,0	29,5	0,0	29,5
Guisante proteaginoso	172,4	58,5	20,2	0,0	35,5	0,0	35,5
Ajo	404,1	256,1	21,3	122,6	42,1	0,0	58,8
Maíz	496,8	346,1	20,2	189,4	45,0	34,7	66,1
Girasol (cosecha única)	437,5	307,5	16,6	169,5	33,7	0,0	54,4
Tabaco	450,7	335,3	15,3	222,5	30,8	124,6	43,6
Alfalfa implantación	416,3	275,2	18,1	142,9	35,6	0,0	55,9
Alfalfa régimen	592,6	416,4	17,7	254,6	35,3	0,0	59,3
Lechuga (primavera)	93,0	23,4	19,5	0,0	19,5	0,0	19,5
Lechuga (otoño)	32,2	0,0	14,9	0,0	14,9	0,0	14,9
Melón	493,2	345,7	19,8	148,3	40,0	0,0	59,9
Tomate industria (transplante)	551,1	413,1	20,1	226,9	40,2	123,0	54,9
Pimiento industria (transplante)	530,2	361,3	20,7	209,3	42,0	119,3	56,5
Cebolla (transplante)	537,0	359,8	22,1	242,8	44,2	71,5	65,1
Patata (media estación)	608,4	424,5	23,6	272,5	44,0	75,5	66,2
Espárrago (implantación)	368,2	217,4	16,4	19,5	35,5	0,0	51,2
Espárrago (producción)	466,8	327,4	18,1	134,5	34,7	19,8	50,1
Zanahoria	695,1	474,0	20,1	305,0	37,3	124,8	54,3
Patata (tardía)	457,8	338,0	18,9	212,0	41,1	104,6	60,0
Judías verdeo (2ª cosecha)	373,1	274,4	21,9	178,2	45,5	126,6	57,2
Coliflor	306,3	210,3	17,1	108,7	37,5	76,4	44,8

no existe una respuesta única en los resultados; por el contrario, su evolución es propia de una variable sobre la que influyen multitud de factores, de forma frecuentemente contradictoria. Entre estos factores que condicionan las láminas brutas de riego óptimas obtenidas destacan el coeficiente de uniformidad, la climatología, el precio del agua y la especie cultivada, tanto por su respuesta al estrés hídrico como por los aspectos económicos asociados a ella (ayuda compensatoria, precio del producto, costes de producción, etc.). Si se compara la respuesta ante un cambio del coeficiente de uniformidad (aspecto sobre el que puede actuar el agricultor en un proceso de mejora), se comprueba como en el año seco y para el precio de agua menor (cuadros 5 y 6), las láminas brutas de riego obtenidas son en siete de los veintidós cultivos planteados superiores en el caso de un CU del 85 %, mientras en la mayoría de los cultivos se requiere una lámina bruta superior para un CU del 75 % en el contexto climático correspondiente al año seco. Si analizamos su evolución conforme se hace más húmedo el año simulado, es decir, las láminas de riego netas requeridas disminuyen, y lógicamente en el mismo supuesto de precio de agua, se constata como se reduce el número de casos en que la lámina bruta es superior para el supuesto de mayor uniformidad. De igual modo, si se establece esta discusión entre los precios del agua manejados dentro de un mismo escenario climático, vemos como a mayor precio de agua aumenta el número de cultivos en los que la lámina bruta óptima es superior para el coeficiente de uniformidad del 75 %, disminuyendo el número de ellos conforme aumenta la precipitación recogida en el año. Así, se pasa de 13 cultivos en el año seco a nueve que en el año húmedo optimizan económicamente los recursos hídricos con una lámina de riego superior para un CU mayor. Para terminar de justificar este comportamiento, se han incluido en los cuadros 7 y 8, una para cada coeficiente de uniformidad, los valores de la relación entre la lámina de agua requerida (Hr) y la bruta aplicada (Hba) obtenida de la simulación en cada escenario climático (Hr/Hba), el déficit de producción que se registra en los diferentes cultivos y el porcentaje de área adecuadamente o sobrerregada (a). A pesar de ser en determinadas ocasiones la lámina óptima de riego mayor para un CU del 75 %, el porcentaje de área que recibe al menos la lámina requerida (a) es menor que para la hipótesis de un CU=85 %, lo cual se traduce en una disminución de la lámina neta puesta a disposición del cultivo, en el consiguiente descenso de producción y, paralelamente en una reducción del margen bruto alcanzado. Este hecho explica la obtención de los mayores márgenes brutos en las condiciones de CU más alto, que realmente permite poner a disposición del cultivo una mayor lámina neta a igualdad de lámina bruta aplicada.

Como conclusión de estos resultados, puede decirse que conforme aumenta el precio del agua y la precipitación en el escenario climático simulado (las láminas de riego óptimas son menores), la mejora del coeficiente de uniformidad va perdiendo protagonismo. En otro sentido, una mejora del coeficiente de uniformidad no supone un ahorro de agua si pretendemos alcanzar una lámina bruta económicamente óptima, sino que en algunas ocasiones sucede al contrario, aumentan las láminas brutas a aplicar con respecto al CU más bajo, pero normalmente permite la consecución de un mayor margen bruto.

Las figuras 4 a 6 detalla la evolución del margen bruto a lo largo de los escenarios climáticos considerados, contemplando cada una de las hipótesis de trabajo referen-

CUADRO 5

LÁMINAS DE RIEGO BRUTAS ÓPTIMAS Y SUS CORRESPONDIENTES MÁRGENES BRUTOS PARA UN CU=75% Y PRECIOS DE AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 5

OPTIMUM GROSS APPLICATION DEPTHS AND THEIR GROSS MARGINS FOR A CU=75% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO Precio del agua PA (ptas. m-3)				AÑO MEDIO Precio del agua PA (ptas. m-3)				AÑO HÚMEDO Precio del agua PA (ptas. m-3)			
	PA = 10		PA = 20		PA = 10		PA = 20				PA = 20	
	Lámina bruta óptima (mm)	Márgen bruto óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})
Trigo blando invierno	373	81.425	306	48.387	281	92.898	228	67.347	249	96.128	215	72.908
Trigo duro de invierno	432	156.107	350	116.446	342	168.675	293	136.707	346	171.415	271	141.065
Trigo duro de primavera	429	154.721	347	116.959	343	166.290	273	135.767	319	168.720	272	139.717
Cebada invierno	289	68.390	234	42.855	200	79.155	171	60.877	169	83.749	143	68.750
Cebada primavera	265	36.501	208	12.664	206	45.758	167	27.598	177	48.665	153	32.325
Guisante .. proteaginoso	298	104.730	255	77.086	246	112.563	208	89.948	225	116.849	187	97.157
Ajo	802	247.663	720	172.102	714	265.835	567	202.664	664	270.766	528	210.507
Maíz	753	124.815	600	57.575	652	140.660	510	83.960	589	146.932	497	94.117
Girasol (cosecha única)	285	55.300	285	26.841	236	60.120	236	36.480	226	61.207	226	38.656
Tabaco	775	162.608	695	90.720	676	172.511	607	108.497	655	174.549	588	112.158
Alfalfa régimen	730	66.231	599	-1.770	656	79.225	531	19.369	593	85.605	512	30.304
Lechuga (primavera)	219	221.477	200	201.218	147	228.710	134	214.455	122	232.415	110	221.323
Lechuga (otoño)	285	111.961	249	85.565	138	132.849	114	121.361	86	138.019	71	129.907

CUADRO 5 (Continuación)
LÁMINAS DE RIEGO BRUTAS ÓPTIMAS Y SUS CORRESPONDIENTES MÁRGENES BRUTOS PARA UN CU=75% Y PRECIOS DE AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 5

OPTIMUM GROSS APPLICATION DEPTHS AND THEIR GROSS MARGINS FOR A CU=75% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO Precio del agua PA (ptas. m-3) PA = 10		PA = 20		AÑO MEDIO Precio del agua PA (ptas. m-3) PA = 10		PA = 20		AÑO HÚMEDO Precio del agua PA (ptas. m-3)		PA = 20	
	Lámina bruta óptima (mm)	Márgen bruto óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})
Melón	797	362.161	723	287.072	751	374.734	612	309.317	718	378.026	585	314.676
Tomate industria (transplante)	777	225.017	656	152.262	766	233.321	635	166.831	720	237.844	598	174.339
Pimiento industria (transplante)	747	126.939	630	57.073	727	136.062	603	72.376	693	139.447	575	77.996
Patata (media estación)	643	37.840	457	-18.133	604	46.303	443	-6.113	564	50.272	437	-67
Espárrago (producción)	853	154.615	719	76.558	695	177.574	577	115.525	610	186.097	506	129.674
Zanahoria	1060	385.004	970	283.897	984	403.218	817	314.472	909	410.800	754	327.058
Patata (tardía)	658	63.060	524	5.391	551	73.790	471	22.882	543	79.378	425	32.137
Judía verdeo (2ª cosecha)	554	101.429	467	50.975	497	107.132	419	60.595	488	112.887	405	70.066
Cebolla (transplante)	647	102.269	559	41.449	624	109.558	533	54.119	583	113.681	498	61.167
Coliflor	750	480.399	596	412.289	611	494.289	541	436.777	578	505.200	446	455.796

CUADRO 6

LÁMINAS DE RIEGO BRUTAS ÓPTIMAS Y SUS CORRESPONDIENTES MÁRGENES BRUTOS PARA UN CU=85% Y PRECIOS DE AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 6

OPTIMUM GROSS APPLICATION DEPTHS AND THEIR GROSS MARGINS FOR A CU=85% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO Precio del agua PA (ptas. m-3)				AÑO MEDIO Precio del agua PA (ptas. m-3)				AÑO HÚMEDO Precio del agua PA (ptas. m-3)			
	PA = 10		PA = 20		PA = 10		PA = 20		PA = 20			
	Lámina bruta óptima (mm)	Márgen bruto óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})
Trigo blando invierno	367	84.669	313	50.154	281	96.304	247	70.209	249	99.534	228	75.876
Trigo duro de invierno	453	162.976	395	121.015	348	175.483	301	142.767	322	178.076	292	147.433
Trigo duro de primavera	429	160.068	361	120.245	332	171.702	289	140.367	308	171.052	281	144.594
Cebada invierno	289	71.684	243	45.239	193	82.356	176	64.022	157	86.838	143	72.044
Cebada primavera	280	38.650	223	13.287	206	48.171	173	29.263	177	51.051	155	34.284
Guisante proteaginoso	304	110.430	263	82.151	242	117.953	208	95.476	201	122.074	181	102.900
Ajo	720	276.100	679	206.861	605	291.575	535	235.654	563	295.753	498	243.044
Maíz	729	136.985	635	67.766	607	152.785	550	95.543	548	158.624	497	106.123
Girasol (cosecha única)	353	43.912	353	8.611	293	49.890	293	20.568	280	51.239	280	23.266
Tabaco	695	187.278	619	122.310	607	196.167	540	138.142	588	197.997	554	141.498
Alfalfa régimen	752	74.665	662	3.742	656	87.698	575	26.146	593	94.078	542	37.430
Lechuga (primavera)	194	225.053	185	206.327	130	231.453	124	218.527	103	234.819	98	224.916

CUADRO 6 (Continuación)
LÁMINAS DE RIEGO BRUTAS ÓPTIMAS Y SUS CORRESPONDIENTES MÁRGENES BRUTOS PARA UN CU=85% Y PRECIOS DE AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 6
OPTIMUM GROSS APPLICATION DEPTHS AND THEIR GROSS MARGINS FOR A CU=85% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO Precio del agua PA (ptas. m-3) PA = 10		PA = 20		AÑO MEDIO Precio del agua PA (ptas. m-3) PA = 10		PA = 20		AÑO HÚMEDO Precio del agua PA (ptas. m-3)		PA = 20	
	Lámina bruta óptima (mm)	Márgen bruto óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (ptas. ha^{-1})	Lámina óptima (mm)	Márgen óptimo (pta ha^{-1})
Lechuga (otoño)	225	125.686	211	104.195	89	141.214	83	132.915	56	144.559	52	139.100
Melón	751	384.197	673	313.746	635	395.749	600	334.458	607	398.532	574	339.719
Tomate industria (transplante)	763	242.338	688	171.310	682	250.476	615	185.979	642	254.504	578	193.241
Pimiento industria (transplante)	733	144.404	661	75.546	647	153.007	584	91.055	617	156.022	556	96.491
Patata (media estación)	710	43.633	490	-17.790	622	52.468	508	-4.380	608	56.614	493	2.367
Espárrago (producción)	837	172.355	719	95.505	619	194.136	558	134.466	575	201.893	515	148.635
Zanahoria	1041	410.787	938	312.567	877	427.189	831	342.144	856	434.144	767	354.948
Patata (tardía)	637	73.409	554	13.432	560	84.100	485	32.103	505	89.608	458	41.799
Judía verdeo (2ª cosecha)	544	113.471	467	63.027	488	119.070	440	73.046	434	124.414	392	82.679
Cebolla (transplante)	647	110.861	591	49.644	575	118.061	526	62.807	563	121.935	491	69.754
Coliflor	635	507.944	562	448.934	518	519.713	486	470.132	427	528.808	400	487.204

CUADRO 7

PARÁMETROS DE CALIDAD DE REPARTO DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO PARA UN CU=75% Y PRECIOS DEL AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 7

QUALITY PARAMETERS OF WATER DISTRIBUTION AND ITS INFLUENCE ON YIELD CROPS FOR A CU=75% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO						AÑO MEDIO						AÑO HÚMEDO					
	Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)					
	PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 2			PA = 10			PA = 20		
	Hr/Hba	Déf. Prod	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod.	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod.	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod(%)	a (%)	Hr/Hba Prod..	Déf. (%)	a (%)
Trigo blando invierno	1,08	15,58	0,84	1,31	25,85	0,74	1,00	12,5	0,88	1,23	22,36	0,78	1,00	12,50	0,88	1,16	18,90	0,81
Trigo duro de invierno	1,00	12,50	0,88	1,23	22,36	0,78	0,92	9,73	0,90	1,08	15,58	0,84	0,84	7,35	0,93	1,08	15,58	0,84
Trigo duro de primavera	1,00	12,50	0,88	1,23	22,36	0,78	0,92	9,73	0,90	1,16	18,90	0,81	0,92	9,73	0,90	1,08	15,58	0,84
Cebada invierno	1,00	12,50	0,88	1,23	22,36	0,78	0,92	9,73	0,90	1,08	15,58	0,84	0,84	7,35	0,93	1,00	12,50	0,88
Cebada primavera	1,16	18,90	0,81	1,47	32,60	0,67	1,00	12,5	0,88	1,23	22,36	0,78	1,00	12,50	0,88	1,16	18,90	0,81
Guisante proteaginoso	0,92	11,19	0,90	1,08	17,92	0,84	0,84	8,45	0,93	1,00	14,38	0,88	0,77	6,18	0,95	0,92	11,19	0,90
Ajo	0,69	4,18	0,96	0,77	5,91	0,95	0,61	2,87	0,97	0,77	5,91	0,95	0,61	2,87	0,97	0,77	5,91	0,95
Maíz	0,92	12,17	0,90	1,16	23,63	0,81	0,84	9,19	0,93	1,08	19,48	0,84	0,69	9,19	0,93	1,00	15,63	0,88
Girasol (cosecha única)	1,94	46,04	0,52	1,94	46,04	0,52	1,94	46,04	0,52	1,94	46,04	0,52	1,94	46,04	0,52	1,94	46,04	0,52
Tabaco	0,69	3,42	0,96	0,77	4,84	0,95	0,69	3,42	0,96	0,77	4,84	0,95	0,69	3,42	0,96	0,77	4,84	0,95
Alfalfa régimen	1,08	15,58	0,84	1,31	25,85	0,74	1,00	12,5	0,88	1,23	22,36	0,78	1,00	12,50	0,88	1,16	18,90	0,81
Lechuga (primavera)	0,84	6,98	0,93	0,92	9,25	0,90	0,84	6,98	0,93	0,92	9,25	0,90	0,77	5,10	0,95	0,84	6,98	0,93

Def. Prod. = déficit de producción (%); Hr/Hba = relación entre lámina requerida (Hr) y lámina bruta aplicada (Hba); y a = área adecuadamente o sobrerregada (%).

CUADRO 7 (Continuación)

PARÁMETROS DE CALIDAD DE REPARTO DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO PARA UN CU=75% Y PRECIOS DEL AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 7

QUALITY PARAMETERS OF WATER DISTRIBUTION AND ITS INFLUENCE ON YIELD CROPS FOR A CU=75% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO						AÑO MEDIO						AÑO HÚMEDO					
	Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)					
	PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 2			PA = 10			PA = 20		
	Hr/Hba (%)	Déf. Prod	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod.	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod.	a (%)	Hr/Hba (%)	Déf. Prod(%)	a (%)	Hr/Hba Prod..	Déf. (%)	a (%)
Trigo blando																		
Lechuga (otoño)	0,53	1.65	0.98	0,61	2,48	0,97	0,37	0,68	0,99	0,45	1,07	0,99	0,37	0,68	0,99	0,45	1,07	0,99
Melón	0,77	5,64	0,95	0,84	7,72	0,93	0,69	3,99	0,96	0,84	7,72	0,93	0,69	3,99	0,96	0,84	7,72	0,93
Tomate industria (transplante)	0,84	7,72	0.93	1,00	13,13	0,88	0,77	5,64	0,95	0,92	10,22	0,90	0,77	5,64	0,95	0,92	10,22	0,90
Pimiento industria (transplante)	0,84	8,08	0,93	1,00	13,75	0,88	0,77	5,91	0,95	0,92	10,71	0,90	0,77	5,91	0,95	0,92	10,71	0,90
Patata (media estación)	1,16	20,79	0,81	1,63	42,56	0,61	1,08	17,14	0,84	1,47	35,86	0,67	1,08	17,14	0,84	1,39	32,21	0,71
Espárrago (producción)	0.84	7,72	0.93	1,00	13,13	0,88	0,77	5,64	0,95	0,92	10,22	0,90	0,77	5,64	0,95	0,92	10,22	0,90
Zanahoria	0,84	7,35	0,93	0,92	9,73	0,90	0,77	5,37	0,95	0,92	9.73	0,90	0,77	5,37	0,95	0,92	9,73	0,90
Patata (tardía)	0,92	10,71	0,90	1,16	20,79	0,81	0,92	10,71	0,90	1,08	17,14	0,84	0,84	8,08	0,93	1,08	17,14	0,84
Judía verdeo (2ª cosecha)	0.84	8,45	0,93	1,00	14,38	0,88	0,84	8,45	0,93	1,00	14,38	0,88	0,77	6,18	0,95	0,92	11,19	0,90
Cebolla (transplante)	1,00	13,75	0.88	1,16	20,79	0,81	0,92	10,71	0,90	1,08	17,14	0,84	0,92	10,71	0,90	1,08	17,14	0,84
Coliflor	0.61	2,61	0,97	0,77	5,37	0,95	0,61	2,61	0,97	0,69	3,80	0,96	0,53	1,73	0,98	0,69	3,80	0,96

Def. Prod. = déficit de producción (%); Hr/Hba = relación entre lámina requerida (Hr) y lámina bruta aplicada (Hba); y a = área adecuadamente o sobrerregada (%).

tes a coeficiente de uniformidad y precio del agua para algunas especies de interés, que resultan paradigmáticas del comportamiento de los diferentes grupos de cultivos.

En la figura 4, que muestra el margen bruto óptimo para el cultivo de la coliflor, se aprecia cómo se incrementa éste al pasar del año seco hasta el húmedo, como consecuencia de un menor volumen de agua aplicado en los años de mayor precipitación. También, se observa cómo los mayores márgenes brutos corresponden al coeficiente de uniformidad alto con el precio del agua bajo y, los menores al coeficiente de uniformidad menor asociado a un precio elevado de agua.

El cultivo de la patata de media estación (figura 5) presenta diferencias significativas con la coliflor. El margen bruto óptimo de este cultivo sufre grandes variaciones con los diferentes precios del agua, de tal manera que para 20 pta m^{-3} el cultivo resulta inviable económicamente; sin embargo, no experimenta tanto incremento en el margen bruto al pasar de un año seco a uno húmedo, como en el caso del cultivo de la coliflor.

El cultivo de girasol (figura 6) tiene la peculiaridad de ofrecer mayores márgenes brutos, para un mismo precio del agua, con un coeficiente de uniformidad del 75 % que con un 85 %, contrariamente a lo que cabría esperar y a lo que se pone de manifies-

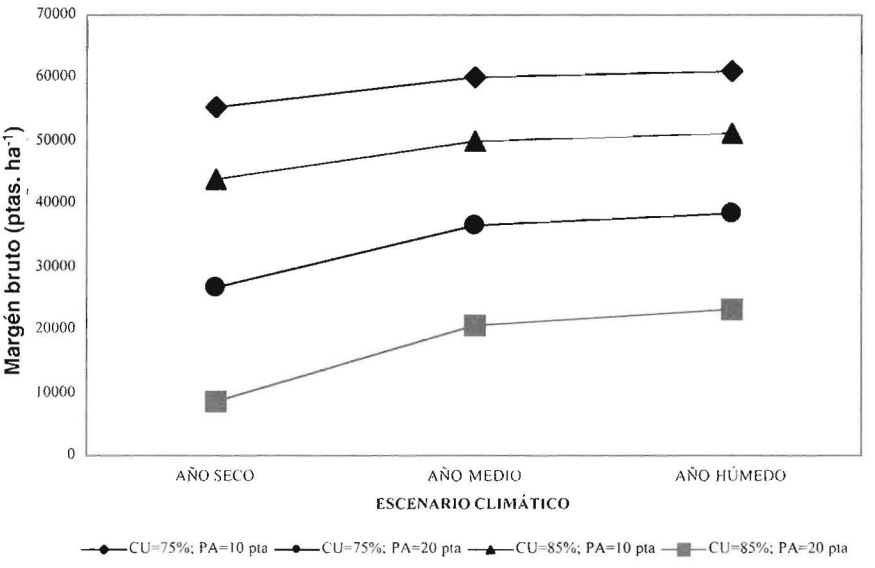


Figura 4. Variación del margen bruto en relación con el coeficiente de uniformidad (CU) y el precio del agua (PA). Coliflor (*Brassica oleracea*) L. cv. Botrytis DC.). Años: seco, medio y húmedo.
Figure 4. Gross return versus coefficient of uniformity (CU) and the water price (PA). Cauliflower (Brassica oleracea L. cv. Botrytis DC.). Dry, mean and humid year

to en el análisis de los demás casos estudiados.

De la aplicación del tercer submodelo se obtiene la alternativa de cultivos económicamente óptima, a partir de la función de margen bruto respecto a las láminas de riego para cada cultivo.

Los resultados del tercer submodelo se presentan en el cuadro 9, distinguiendo entre las dos hipótesis de disponibilidad de agua planteadas. En este cuadro se muestran los resultados finales de aplicación del modelo más relevantes: el margen bruto medio por unidad de superficie alcanzado en la explotación con la alternativa propuesta, la superficie total cultivada de las 50 ha de suelo de labor disponible en la explotación, la lámina de riego media aplicada a cada unidad de superficie regada, además de los cultivos que entran a formar parte de la alternativa con su grado de participación, todo ello para cada uno de los escenarios simulados.

Los mayores márgenes brutos se registran en la situación de mayor coeficiente de uniformidad y precio de agua bajo, asociado a la situación de agua ilimitada, alcanzándose el máximo, lógicamente, en el año húmedo, en que los costes variables asociados al agua de riego son los menores. Así, el mayor margen bruto para esta explotación es de 402.360 ptas. ha^{-1} para el año medio, registrándose un valor superior para el año húmedo e inferior para el año seco, en función de los costes variables asociados

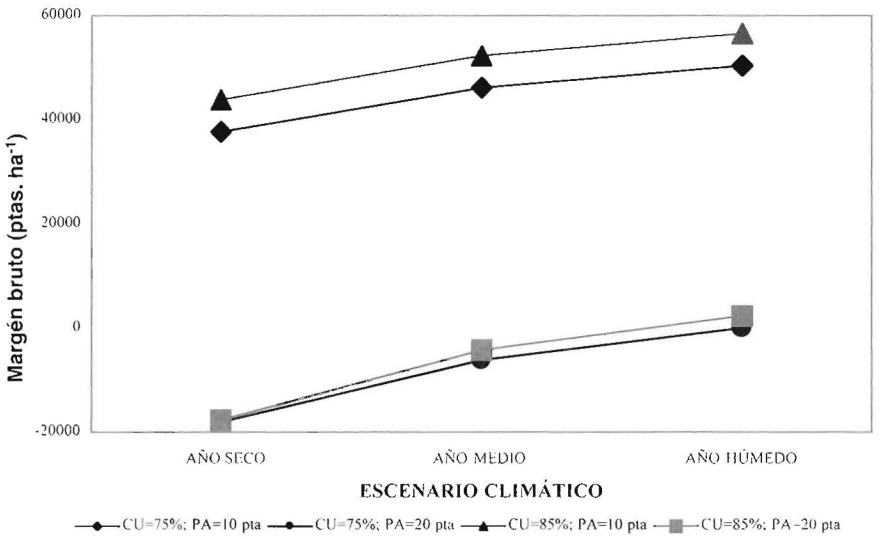


Figura 5. Variación del margen bruto en relación con el coeficiente de uniformidad (CU) y el precio del agua (PA) Patata (*Solanum tuberosum* L.). Años: seco, medio y húmedo.
Figure 5. Gross return versus coefficient of uniformity (CU) and the water price (PA). Potato (Solanum tuberosum L.). Dry, mean and humid year

CUADRO 8

PARÁMETROS DE CALIDAD DE REPARTO DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO PARA UN CU=85% Y PRECIOS DEL AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 8

QUALITY PARAMETERS OF WATER DISTRIBUTION AND ITS INFLUENCE ON YIELD CROPS FOR A CU=85% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO						AÑO MEDIO						AÑO HÚMEDO					
	Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)						Precio del agua PA (ptas. m-3)					
	PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 20		
	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)
Trigo blando invierno	1,09	11,99	0,88	1,22	22,43	0,78	1,00	7,50	0,93	1,14	14,52	0,85	1,00	7,50	0,93	1,09	11,99	0,88
Trigo duro de invierno	0,95	5,65	0,94	1,09	11,99	0,88	0,91	4,10	0,96	1,05	9,63	0,90	0,91	4,10	0,96	1,00	7,50	0,93
Trigo duro de primavera	1,00	7,50	0,93	1,19	17,14	0,83	0,95	5,65	0,94	1,19	11,99	0,88	0,95	5,65	0,94	1,05	9,63	0,90
Cebada invierno	1,00	7,50	0,93	1,19	17,4	0,83	0,95	5,65	0,94	1,05	9,63	0,90	0,91	4,10	0,96	1,00	7,50	0,93
Cebada primavera	1,09	11,99	0,88	1,38	27,44	0,73	1,00	7,50	0,93	1,19	17,14	0,83	1,00	7,50	0,93	1,14	14,52	0,85
Guisante proteaginoso	0,91	4,72	0,96	1,05	11,08	0,90	0,86	3,30	0,97	1,00	8,63	0,93	0,86	3,30	0,97	0,95	6,50	0,94
Ajo	0,77	1,37	0,99	0,84	2,12	0,98	0,72	0,84	0,99	0,81	2,12	0,98	0,72	0,84	0,99	0,81	2,12	0,98
Maíz	0,95	7,06	0,94	1,09	14,44	0,88	0,91	5,13	0,96	1,00	9,38	0,93	0,91	5,13	0,96	1,00	9,38	0,93
Girasol (cosecha única)	1,56	34,26	0,64	1,56	34,26	0,64	1,56	34,26	0,64	1,56	34,26	0,64	1,56	34,26	0,64	1,56	34,26	0,64
Tabaco	0,77	1,12	0,99	0,86	2,58	0,97	0,77	1,12	0,99	0,86	2,58	0,97	0,77	1,12	0,99	0,81	1,74	0,98
Alfalfa régimen	1,05	9,63	0,90	1,19	17,40	0,83	1,00	7,50	0,93	1,14	14,52	0,85	1,00	7,50	0,93	1,09	11,99	0,88

Def. Prod. = déficit de producción (%); Hr/Hba = relación entre lámina requerida (Hr) y lámina bruta aplicada (Hba); y a = área adecuadamente o

CUADRO 8 (Continuación)

PARÁMETROS DE CALIDAD DE REPARTO DEL AGUA DE RIEGO Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO PARA UN CU=85% Y PRECIOS DEL AGUA (PA) DE 10 Y 20 PTA M-3. AÑOS: SECO, MEDIO Y HÚMEDO

TABLE 8

QUALITY PARAMETERS OF WATER DISTRIBUTION AND ITS INFLUENCE ON YIELD CROPS FOR A CU=85% AND WATER PRICES (PA) OF 10 AND 20 PTA M-3. YEARS: DRY, AVERAGE AND HUMID

Cultivo	AÑO SECO Precio del agua PA (ptas. m-3)						AÑO MEDIO Precio del agua PA (ptas. m-3)						AÑO HÚMEDO Precio del agua PA (ptas. m-3)					
	PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 20			PA = 10			PA = 20		
	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)	Hr/Hba	Déf. Prod. (%)	a (%)
Lechuga (primavera)	0,95	5,37	0,94	1,00	7,13	0,93	0,95	5,37	0,94	1,00	7,13	0,93	0,91	3,90	0,96	0,95	5,37	0,94
Lechuga (otoño)	0,67	0,43	1,00	0,72	0,73	0,99	0,58	0,13	1,00	0,62	0,24	1,00	0,58	0,13	1,00	0,62	0,24	1,00
Melón	0,81	2,03	0,98	0,91	4,31	0,96	0,81	2,03	0,98	0,86	3,01	0,97	0,81	2,03	0,98	0,86	3,01	0,97
Tomate industria (transplante)	0,86	3,01	0,97	0,95	5,93	0,94	0,86	3,01	0,97	0,95	5,93	0,94	0,86	3,01	0,97	0,95	5,93	0,94
Pimiento industria (transplante)	0,86	3,16	0,97	0,95	6,21	0,94	0,86	3,16	0,97	0,95	6,21	0,94	0,86	3,16	0,97	0,95	6,21	0,94
Patata (media estación)	1,05	10,59	0,90	1,52	37,50	0,66	1,05	10,59	0,90	1,28	24,67	0,78	1,00	8,25	0,93	1,23	21,78	0,80
Espárrago (producción)	0,86	3,01	0,97	1,00	7,88	0,93	0,86	3,01	0,97	0,95	5,93	0,94	0,81	2,03	0,98	0,91	4,31	0,96
Zanahoria	0,86	2,87	0,97	0,95	5,65	0,94	0,86	2,87	0,97	0,91	4,10	0,96	0,81	1,93	0,98	0,91	4,10	0,96
Patata (tardía)	0,95	6.21	0,94	1.09	13,19	0,88	0,91	4,51	0,96	1,05	10,59	0,90	0,91	4,51	0,96	1,00	8,25	0,93
Judía verdeo (2ª cosecha)	0,86	3,30	0,97	1.00	8,63	0,93	0,86	3,30	0,97	0,95	6,50	0,94	0,86	3,30	0,97	0,95	6,50	0,94
Cebolla (transplante)	1.00	8,25	0,93	1,09	13,19	0,88	1,00	8,25	0,93	1,09	13,19	0,88	0,95	6,21	0,94	1,09	13,19	0,88
Coliflor	0,72	0,77	0,99	0,81	1,93	0,98	0,72	0,77	0,99	0,77	1,240,99	0,72	0,77	0,99	0,77	1,24	0,99	

Def. Prod. = déficit de producción (%); Hr/Hba = relación entre lámina requerida (Hr) y lámina bruta aplicada (Hba); y a = área adecuadamente o sobrerregada (%).

CUADRO 9
RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL TERCER SUBMODELO
TABLE 9
RESULTS OF THE THIRD SUBMODEL

Disponibilidad hídrica: ilimitada; CU = 85%; y PA = 10 ptas. m^{-3}

AÑO	(1)	(2)	(3)	(4)	(7)	(8)	(9)	(13)	(14)	
SECO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	11,00	10,00	0,00	4,00	
MEDIO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00	
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00	
Disponibilidad hídrica: limitada (4000 m^3 ha^{-1}); CU = 85%; y PA = 10 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(9)	(12)	(14)	
SECO	0,00	0,00	45,97	4,00	7,00	5,97	10,00	15,00	4,00	
MEDIO	0,00	0,00	45,97	4,00	7,00	5,97	10,00	15,00	4,00	
HÚMEDO	0,00	0,00	45,97	4,00	7,00	5,97	10,00	15,00	4,00	
Disponibilidad hídrica: ilimitada; CU = 85%; y PA = 20 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)	(13)	(14)
SECO	0,00	0,00	50,00	10,00	10,00	15,00	1,00	10,00	0,00	4,00
MEDIO	0,00	0,00	50,00	10,00	0,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	10,00	0,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00
Disponibilidad hídrica: limitada (4000 m^3 ha^{-1}); CU = 85%; y PA = 20 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(9)	(10)	(12)	(14)
SECO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	7,33	10,00	2,67	15,00	4,00
MEDIO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	7,33	10,00	2,67	15,00	4,00
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	7,33	10,00	2,67	15,00	4,00
Disponibilidad hídrica: ilimitada; CU = 75%; y PA = 10 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(4)	(7)	(8)	(9)	(14)		
SECO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	11,00	10,00	4,00		
MEDIO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	11,00	10,00	4,00		
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	10,00	15,00	11,00	10,00	4,00		
Disponibilidad hídrica: limitada (4000 m^3 ha^{-1}); CU = 75%; y PA = 10 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(9)	(11)	(12)	(14)	
SECO	0,00	0,00	45,02	4,00	7,00	10,00	5,02	15,00	4,00	
MEDIO	0,00	0,00	45,02	4,00	7,00	10,00	5,02	15,00	4,00	
HÚMEDO	0,00	0,00	45,02	4,00	7,00	10,00	5,02	15,00	4,00	
Disponibilidad hídrica: ilimitada; CU = 75%; y PA = 20 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)	(13)	(14)
SECO	0,00	0,00	50,00	10,00	10,00	15,00	1,00	10,00	0,00	4,00
MEDIO	0,00	0,00	50,00	10,00	0,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	10,00	0,00	15,00	8,00	10,00	3,00	4,00
Disponibilidad hídrica: limitada (4000 m^3 ha^{-1}); CU = 75%; y PA = 20 ptas. m^{-3}										
AÑO	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(9)	(10)	(11)	(12)	(14)
SECO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	10,00	14,39	0,00	10,61	4,00
MEDIO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	10,00	0,00	14,27	10,73	4,00
HÚMEDO	0,00	0,00	50,00	4,00	7,00	10,00	0,00	14,27	10,73	4,00

(1) = margen bruto óptimo (ptas. ha-1); (2) = agua utilizada (m3 ha-1); (3) = superficie cultivada en regadío (ha); (4) = tomate industria (transplante) (ha); (5) = lechuga (primavera) (ha); (6) = melón (ha); (7) = ajo (ha); (8) = zanahoria (ha); (9) = coliflor (ha); (10) = trigo duro de primavera (ha); (11) = trigo duro de invierno (ha); (12) = tierra de retirada (ha); (13) = ajo + lechuga (otoño) (ha); y (14) = lechuga (primavera) + coliflor (ha).

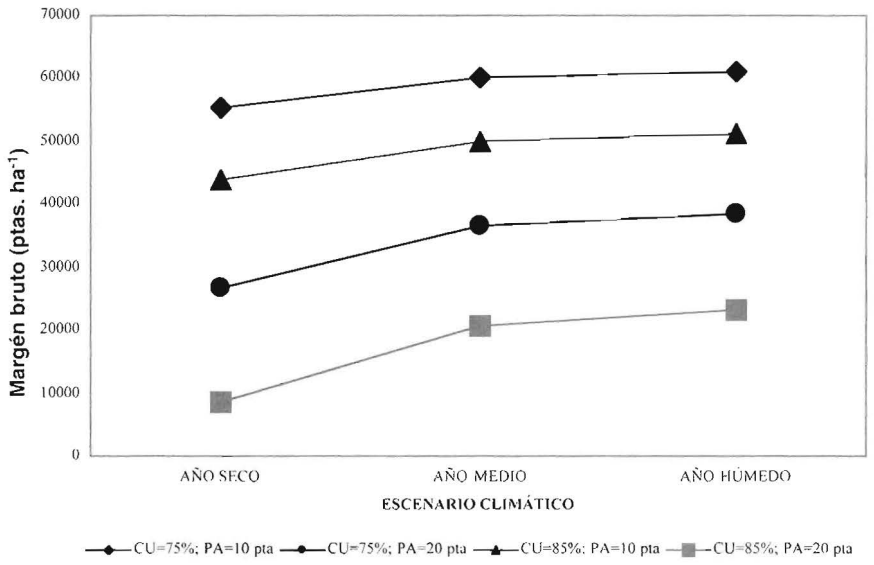


Figura 6. Variación del margen bruto en relación con el coeficiente de uniformidad (CU) y el precio del agua (PA). Girasol (*Helianthus annuus* L.). Años: seco, medio y húmedo
Figure 6. Gross return versus coefficient of uniformity (CU) and the water price (PA). Sunflower (Helianthus annuus L.). Dry, mean and humid year

al consumo hídrico de la solución propuesta. Los cultivos que entran a formar parte de la alternativa son: tomate con destino industrial, ajo, zanahoria, coliflor, ajo con una segunda cosecha de lechuga de otoño y lechuga de siembra en primavera seguida de coliflor. Todos estos cultivos son los que presentan el mayor margen bruto, alcanzando la superficie máxima posible, limitada según las restricciones de superficie impuestas (cuadro 1). De esta manera, al considerar el agua ilimitada se prefieren los cultivos que permiten un mayor margen bruto, independientemente de su consumo hídrico; la alternativa resultante presenta un consumo para el año medio de 6.553 m^3 ha^{-1}, con unas necesidades máximas de 7.852 m^3 ha^{-1} en el año seco y mínimas de 5.992 m^3 ha^{-1} para el año definido como seco.

En el caso de agua limitada, aparece la tierra retirada como una actividad interesante, llegando incluso en algún caso (CU=85% y precio del agua de 10 ptas. m^{-3} y CU=75 % y 10 ptas. m^{-3}) a dejar suelo sin cultivar, concentrando el agua disponible sobre los cultivos de alto margen bruto, fundamentalmente hortícolas, de forma que se rieguen con la lámina económicamente óptima para esa especie. Destacar que en el caso de agua limitada la alternativa propuesta es aquella cuya demanda hídrica puede ser satisfecha en el año más seco, por ello la lámina disponible máxima aparece

en el cuadro 9 asociada al año seco, siendo en los restantes escenarios climáticos los requerimientos de la alternativa solución menores.

En el escenario global de actuación presentado, la situación más desfavorable es suponer un coeficiente de uniformidad bajo, con precio elevado del agua y en condiciones de limitaciones hídricas. Trabajando en este marco, la solución más satisfactoria es la alternativa que permite obtener un margen bruto para el año medio de 249.878 ptas. ha^{-1}, con unos requerimientos de agua de 3.372 m^3 ha^{-1}, integrada por los cultivos siguientes: lechuga de primavera, trigo duro de siembra invernal, trigo duro de siembra primaveral, melón, coliflor, lechuga de primavera seguida de una segunda cosecha de coliflor, completando las 50 ha con tierra de retirada. Ante esta perspectiva, con agua cara y una instalación de riego con baja uniformidad, comienzan a aparecer cultivos de bajas necesidades, como el trigo duro, pero con un margen bruto razonablemente alto por la ayuda compensatoria recibida en esta comarca, pudiéndose cultivar (aunque se incorpore tierra de retirada) toda la superficie. En cualquier caso, el agua disponible, es utilizada en los cultivos hortícolas de mayor margen bruto, que suponen el sustento económico fundamental de la explotación.

Es de destacar respecto al tercer submodelo, bajo la hipótesis de restricciones en la disponibilidad hídrica, que para su desarrollo es interesante incluir el cultivo en secano dentro del perímetro de la explotación de regadío como otra actividad productiva a considerar, desde el punto de vista económico, para la optimización de los recursos hídricos. Dentro de la línea de desarrollo del modelo presentado, se está trabajando en la introducción del riesgo asociado a la solución adoptada (TAUER, 1983; ROMERO *et al.*, 1987; MILLAN y BERBEL, 1994). Este riesgo va implícito a cada alternativa planteándose como consecuencia de la variabilidad climática, de precios, etc. Consecuentemente, el desarrollo del modelo supondrá una mejora metodológica para abordar la introducción de mayor número de variables y escenarios de partida, así como de atributos sobre los que actuar en el proceso de optimización (margen bruto, riesgo, etc.). Todo ello conducirá a la modificación de la programación lineal como forma de optimización, introduciéndonos en las técnicas de decisión multicriterio como forma de acotar el conjunto de alternativas y de aproximarnos, dentro de las soluciones posibles a las más eficientes (ROMERO, 1993; LÓPEZ *et al.*, 1997).

A modo de resumen de los resultados obtenidos, tenemos que indicar que los cultivos hortícolas son una potencial fuente de riqueza para la comarca, posiblemente los que permitan desarrollar en la zona una agricultura competitiva y fuertemente asociada a la industria de transformación y a la comercialización eficiente de los productos. Bajo esta perspectiva, es posible pensar en un futuro tranquilizador para la comarca, al menos a medio plazo, aún en un contexto de limitación y encarecimiento de los recursos hídricos disponibles. Esta horticultura debe ser capaz de asegurar unas rentas dignas a los pequeños y medianos agricultores de la zona, permitiendo un nivel de empleo relativamente elevado, principalmente de la mano de obra familiar, y siendo el sustento de una industria agroalimetaria ya existente en la comarca y que deberá potenciarse, al igual que la red de comercialización que, aprovechando la proximidad de la región a importantes núcleos de población (Madrid, Toledo o la propia Talavera de la Reina), consiga asentarse definitivamente y convertirse en un motor

que contribuya de forma decisiva a asegurar la estabilidad socioeconómica de la comarca.

Conclusiones

• La estrategia óptima de manejo del agua de riego disponible es función de la precipitación recogida cada año, del precio del agua, del coeficiente de uniformidad del sistema de riego y de la especie cultivada, tanto por su sensibilidad al estrés como por la implicaciones derivadas de la política de ayudas compensatorias.

• Los mejores márgenes brutos se obtienen para la mayoría de los cultivos con el coeficiente de uniformidad más elevado (85%), lo cual se manifiesta claramente los años más secos. Conforme las necesidades de riego se van reduciendo, por la especie cultivada, precipitación registrada cada año, influencia del coeficiente de uniformidad sobre la lámina de riego, la lámina óptima va disminuyendo.

• El precio elevado del agua de riego hace disminuir las láminas de riego optimas, especialmente en el caso de cultivos con ingresos reducidos o en aquellos otros con necesidades elevadas.

• Los cultivos que presentan, de acuerdo con la estimación de costes realizada para la comarca, un mayor margen bruto son: coliflor, zanahoria, melón, ajo y tomate, todos ellos cultivos hortícolas que entran a formar parte de gran cantidad de alternativas consideradas eficientes.

• Las láminas de riego económicamente óptimas están normalmente por debajo de las correspondientes a las máximas necesidades de los cultivos, siendo las producciones óptimas inferiores a los rendimientos agrícolas potenciales de la zona.

• En el supuesto de agua limitada (400 mm), para la mayoría de escenarios considerados, los cultivos que entran a formar parte de la alternativa son los hortícolas con la mayor superficie posible de acuerdo con la limitación de recursos, concentrándose en ellos el volumen de agua existente. Otros cultivos de bajas necesidades completan la alternativa, en la que la tierra de retirada alcanza gran importancia. La alternativa de cultivos que supone un mayor margen bruto es la formada por los siguientes cultivos: coliflor, zanahoria, ajo, tomate de industria, ajo con una segunda cosecha de lechuga otoñal y la lechuga de primavera seguida de coliflor. Puede apreciarse la enorme importancia de potenciar en la zona la industria agroalimentaria como la mejor solución de futuro.

• La repercusión de la reducción en la disponibilidad de agua en la zona se traducirá en un aumento de la tierra retirada y de los cultivos de bajas necesidades hídricas, pero manteniendo el agua disponible concentrada sobre los cultivos hortícolas de orientación industrial. La disminución del margen bruto asociado a esta nueva situación no deberá suponer un empeoramiento de las condiciones socioeconómicas de la zona.

• El futuro más viable para la agricultura de la Comarca de vega de Talavera de la Reina, se centra, incluso en el supuesto de recursos hídricos limitados, en la horticultura. Esta horticultura requiere la potenciación del sector comercial e industrial existente en la zona, de forma que sea suficientemente dinámico y competitivo.

Se quieren incorporar en este epígrafe, a la vista de los resultados obtenidos, algunas

conclusiones sobre la metodología aplicada:

• Es fundamental la adopción de una función continua de márgenes brutos en relación a la lámina de riego, que permita considerar en el proceso de optimización de las alternativas de cultivo (tercer submodelo) láminas de riego diferentes a la económicamente óptima.

• En la misma línea, la introducción del secano como una posible actividad productiva más dentro de la alternativa de cultivos que se plantee en una explotación de regadío puede ser decisiva, para conseguir un manejo optimo del suelo y agua disponible en el caso de recursos limitados.

• En el proceso de optimización se tienen que aumentar las variables consideradas al igual que los atributos analizados, recurriendo al paradigma de decisión multicriterio como la mejor forma de aproximarnos a un ideal entre objetivos en conflictos. El modelo se complicará, tanto en la estructura como en su manejo, pero permitirá explicar y aproximarse mejor a una realidad compleja y muy dinámica.

Agradecimientos

Este estudio ha sido posible dentro de los siguientes Proyectos de Investigación, queriendo mostrar nuestro agradecimiento a las Instituciones financiadoras:

13. Proyecto Europeo FAIR1 CT95-0088 (NIWASAVE), Dirección General VI.

14. Proyecto Nº 97/CH-32, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Bibliografía

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

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., and KASSAM A.H., 1981. Yield Response to Water. Irrig. and Drain. Paper 33, FAO, Rome, Italy.

DOORENBOS J., and PRUITT W.O., 1984. Crop Water Requirements. Irrig. and Drain. Paper 24, FAO, 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.

HATFIELD J.L., 1985. Wheat canopy resistance determined by canopy balance techniques. Agron. J., 77, 279-283.

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).

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, Spain.

MANTOVANI E.C., VILLALOBOS F.J., ORGAZ F., BERENJENA J., FERERES E., 1992. A comparison of methods to calculate evapotranspiration of filds crops. "2nd Congress European Society for Agronomy. August, 1992, Warwicks, U.K.

M.A.P.A., 1996. Anuario de Estadística Agraria 1994. Ed. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, Spain.

MILLAN J.S., BERBEL J., 1994. A multicriteria model for irrigated agricultural planning under economic and technical risk. Agric. Syst., 44, 105-117.

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., TARJUELO J.M., DE JUAN J.A., LÓPEZ H., FERNÁNDEZ D., 1997. Servicio de asesoramiento de riegos de Albacete. ITEA. Vol. 93V, Nº 3, 193-202.

PERI G., HART W.E., NORUM D.I., 1979. Optimal irrigation depths. A method of analysis. J.Irrig. Drain. Div. ASCE, 105, 341-355.

ROMERO C., AMADOR F., BARCO A., 1987. Multiple objetives in agricultural planning: a compromise programming application. Amec. J. Agr. Econ., 69, 78-86.

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

SMITH M., 1989. Programa informático CROPWAT V. 5.7. Food and Agriculture Organization. Land and Water Developement Division. AGLW FAO, Rome, Italy.

STEWART J.I., HAGAN R.M., PRUITT W.O., HANKS 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. Utah Water Res. Lab. PRWG 151-1, September, UT, USA.

TARJUELO J.M., 1995. El Riego por Aspersión y su Tecnología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Spain.

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 function and irrigation uniformity. II: A case study of irrigation scheduling in Albacete, Spain. Agric. Water Mngt., 31, 145-163.

TAUER L.W., 1983. Target Motad. Amec. Agric. Econ. Ass., 65, 606-610.

VILLALOBOS F.J., 1992. Los servicios de asesoramiento de riegos y las necesidades hídricas de los cultivos. X Jornadas Técnicas sobre Riegos. Albacete, 26-27 de mayo 1992, Spain.

WARRICK A.W., GARDNER W.R., 1983. Crop yield as affected by spatial variations of soil and irrigation. Water Resourc. Res., 19, 181-186.

WU I.P., 1988. Linearized water aplication function for drip irrigation schedules. Trans. ASAE., 31, 1743-1749.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)

ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 179-188

CARACTERIZACIÓN FLORAL DE DIECINUEVE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.)

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

* Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos C. Universitaria
28040-Madrid
** Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario
30150-La Alberca
Murcia
España

RESUMEN

Se ha estudiado la morfología de los pétalos y de la corola de diecinueve clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) cultivados en Abarán (Murcia). Las diferencias encontradas respecto a la morfología floral hacen de los caracteres florales (longitud, anchura y número de pétalos, diámetro de la corola y número de pistilos) parámetros aptos para la diferenciación de cultivares. La anchura del pétalo, que osciló entre 12 mm ("Palabras") y 17 mm ("Pepito", "Real Fino de Molina" y "Velázquez"), fue el menos uniforme de los caracteres estudiados. Las semejanzas que, respecto a los caracteres florales estudiados, se establecen entre clones no son indicativas ni de un origen geográfico próximo ni de la similitud de otras características fenotípicas.

Palabras clave: Albaricoquero, Clon, Morfología floral, Pétalos, *Prunus armeniaca* L.

SUMMARY

*CHARACTERIZATION FLORAL OF NINETEEN APRICOT TREES (*PRUNUS ARMENIACA *L.) CLONES*

Petal and corolla morphology of nineteen apricot (*Prunus armeniaca* L.) clones, grown at Abarán (Murcia) were estudied. Differences among the 19 clones analyzed have been by measurent of 5 floral characteristics (length, width and nimber of petals, corolla diameter and pistils number). The petals width, the less uniform of the characters, reached 12 in "Palabras" and 17 mm in "Pepito", "Real Fino de Molina" and "Velázquez".

Key words: Apricot, Clon, Floral morphology, Petal, *Prunus armeniaca* L.

Introducción

Al revisar los trabajos efectuados en especies frutales se observa que los menos abundantes son los relativos a aspectos relacionados con la morfología floral. No obstante, algunos autores reconocen el valor taxonómico de determinadas características florales, como es el caso de HESLOP-HARRISON (1981), que llega a considerar la morfología del estigma de las angiospermas como un carácter taxonómico.

En la literatura consultada aparece un trabajo en el que se utilizan los caracteres morfológicos de la flor, el diámetro de la corola entre otros, para la caracterización de variedades de Rosáceas (SOHNE, 1993).

Investigaciones recientes han demostrado que, en ciruelo, existe relación entre fertilidad y estructura de la flor. En general, las flores que presentan pétalos grandes y diámetro del estigma pequeño cuajan mejor que las flores que muestran características contrarias (SURANYI, 1989a).

Respecto al albaricoquero contamos con los trabajos de QUARTA y BRUNIALTI (1984) y de QUARTA *et al.* (1985) en los que se utiliza la morfología de las flores para evaluar las características de una selección de albaricoquero y SZUJKO-LACZA (1986) incluyó la caracterización floral al describir la morfología y la anatomía del albaricoquero.

SURANYI (1990) realizó un trabajo en el que estudió las flores de varias especies del genero *Prunus* entre las que incluyó el albaricoquero, determinando que el tamaño de los pétalos (valor medio de longitud y anchura expresados en mm), diámetro del estigma y número de estambres son componentes morfogenéticos relacionados con la autofertilidad.

Más recientemente, el mismo autor (SURANYI, 1992) investigó en un grupo de cultivares de almendro, melocotonero, ciruelo, cerezo y albaricoquero qué caracteres de entre nueve relacionados con la morfología floral eran caracteres genotípicos. La sensibilidad respecto al ambiente y la estabilidad genética en las flores la estableció en base a la desviación estándar. Finalmente, este autor considera que en la descripción morfológica de las variedades es recomendable incluir entre otros caracteres el tamaño de los pétalos, el número de estambres y la frecuencia de flores anormales.

En este trabajo se estudiará la posibilidad de establecer diferencias entre clones de albaricoquero en base a las características morfológicas que presentan los pétalos y la corola. Estas características son fáciles de medir y no estan influidas significativamente por el ambiente. En alguno de los clones se detectó la aparición de varios pistilos por flor, por lo que también se consideró necesario determinar la frecuencia con la que esta anormalidad aparece en los cultivares ensayados.

Material y métodos

Este estudio se efectuó con diecinueve clones de albaricoquero, que formaban parte de una colección de 92 tipos o denominaciones diferentes, recolectados por el Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de Murcia (CRIA), hoy CIDA (Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario), en colaboración con las Agencias Comarcales del Servicio de Extensión Agraria.

El material se estableció en una colección sobre patrón franco, plantada en Enero

de 1986 en la finca experimental del CIDA en Abarán (Murcia), a un marco de plantación de 8 x 5 m y dos árboles por clon.

El origen de los 19 clones fue el siguiente: "Fenómeno", "Mauricios", "Chicanos Archena" y "Pelicanos Archena" se recolectaron en Archena (Murcia); "Liberato", "Velázquez", "Ojaico", "Moniquí Fino", "Reales Cortos", "Pepito", "Carrascal", "Cebollero" y "Carrichosa 1x3", en Cieza (Murcia); "Real Fino de Molina", en Molina del Segura (Murcia); "Currot", "Rojo de Carlet", "Palabras" y "Caninos", en Alcudia (Valencia) y "Moniquí Azaraque", en Agramón (Albacete).

En el momento de plena floración del árbol, se recogieron de forma aleatoria 20 flores por clon. Las flores se recolectaron en antesis, se les midió el diámetro de la corola, y se contó el número de pétalos por flor, las medidas de todos los clones se realizaron en el mismo año. También se midieron la longitud y anchura de los pétalos y se determinó el número de pistilos por flor. Se calculó la media, el coeficiente de variación y el error estándar de cada una de las cinco variables.

Para conocer la significación del efecto de cada clon se llevó a cabo un análisis de varianza. La separación de medias de las variables, para las que las diferencias entre clones fueron estadísticamente significativas, se realizó mediante la prueba del rango múltiple de Duncan. La intensidad de asociación entre cada dos variables (x_i, y_i) se calculó mediante un análisis de correlación simple, en el que el coeficiente de correlación (r) se determinó como:

$$r = \Sigma xy / \sqrt{\Sigma x^2 \Sigma y^2}$$

La significación de cada uno de los coeficientes de correlación (ZAR, 1984) se calculó mediante análisis de la varianza.

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

Resultados y discusión

El cuadro 1 muestra las medias, el error estándar y el coeficiente de variación de los cinco caracteres florales que han sido analizados: longitud (LP), anchura (AP) y número de pétalos (NPE), diámetro de la corola (DC) y número de pistilos (NPI).

Los diecinueve clones caracterizados presentan pétalos más anchos que largos y un número medio de pétalos que oscila entre cinco y seis, aunque en los clones "Fenómeno" y "Caninos" es frecuente la aparición de flores con más de seis pétalos.

Al realizar el análisis de varianza se observó que existían diferencias significativas entre clones para todas las variables analizadas.

La prueba del rango múltiple de Duncan (cuadro 2) con la que se realizó la separación de medias ($p \leq 0,05$) correspondientes a cada uno de los clones, muestra que para la mayor parte de los caracteres se pueden establecer varios grupos con características semejantes.

DONNO (1941), citado por QUARTA y BRUNIALTI (1984), consideró que algunos caracteres morfológicos florales podían utilizarse en la identificación de variedades, MINGIONE (1989) menciona el estudio de SURANYI (1989b) en el que se demostró que las dimensiones del pétalo están fijadas

CUADRO 1.
MEDIA ($\bar{X}$), ERROR ESTÁNDAR (ES) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV, %) DE CINCO CARACTERES FLORALES DE DIECINUEVE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.)

TABLE 1
AVERAGE ($\bar{X}$), STANDARD ERROR (ES) AND VARIATION COEFFICIENT (CV, %) OF FIVE FLORAL CHARACTERISTICS OF NINETEEN APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.) CLONES

CLON		CARACTERES FLORALES[1]				
		LP	AP	NPE	DC	NPI
"Fenómeno"	$\bar{x}$	11,4	13,4	6,45	25,0	1,53
	ES	0,2	0,4	0,26	0,5	0,14
	CV	9	12	18	9	9
"Currot"	$\bar{x}$	12,6	14,6	5,55	29,6	1
	ES	0,2	0,2	0,15	0,4	0
	CV	6	7	12	6	0
"Rojo de Carlet"	$\bar{x}$	12,0	14,0	5,25		1
	0,3	0,3	0,10		0	
	CV	11	11	9		0
"Palabras"	$\bar{x}$	11,3	11,9	5,95	22,0	1
	ES	0,2	0,2	0,21	0,5	0
	CV	7	8	16	10	0
"Mauricios"	$\bar{x}$	13,6	14,7	5,25	19,4	1
	ES	0,2	0,2	0,10	0,7	0
	CV	7	6	9	17	0
"Liberato"	$\bar{x}$	13,7	15,3	5,75	22,1	1
	ES	0,3	0,3	0,14	0,7	0
	CV	9	7	11	14	0
"Velázquez"	$\bar{x}$	14,7	16,9	5,40	31,9	1
	ES	0,3	0,4	0,16	0,4	0
	CV	6	8	10	4	0
"Reales Cortos"	$\bar{x}$	13,1	14,6	5,36	20,8	1
	ES	0,3	0,3	0,13	0,4	0
	CV	9	8	9	7	0
"Ojaico"	$\bar{x}$	13,5	16,0	5,25		1
	ES	0,3	0,3	0,10		0
	CV	11	8	9		0
"Moniquí Fino"	$\bar{x}$	12,8	14,9	5,55	20,3	1,35
	ES	0,2	0,2	0,15	1,0	0,13
	CV	7	7	12	9	44
"Pepino"	$\bar{x}$	13,5	16,3	5,83		1
	ES	0,3	0,2	0,17		0
	CV	8	6	7		0

(1) Caracteres florales: longitud (LP, mm), anchura (AP, mm) y número (NPE) de pétalos, diámetro de la corola (DC, mm) y número de pistilos (NPI).

CUADRO 1
MEDIA ($\bar{X}$), ERROR ESTÁNDAR (ES) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV, %) DE CINCO CARACTERES FLORALES DE DIECINUEVE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.)

TABLE 1
AVERAGE ($\bar{X}$), STANDARD ERROR (ES) AND VARIATION COEFFICIENT (CV, %) OF FIVE FLORAL CHARACTERISTICS OF NINETEEN APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.) CLONES

CLON		CARACTERES FLORALES[1]				
		LP	AP	NPE	DC	NPI
	$\bar{x}$	12,8	15,1	5,25		1
"Cebollero"	ES	0,2	0,2	0,10		0
	CV	8	7	9		0
	$\bar{x}$	15,1	16,6	5,06	31,8	1
"Real Fino de	ES	0,3	0,4	0,06	0,6	0
Molina"	CV	7	8	5	8	0
"Chicanos	$\bar{x}$	11,9	14,0	5,85	23,7	1
Archena"	ES	0,3	0,3	0,13	0,3	0
	CV	11	9	10	7	0
	$\bar{x}$	13,8	15,6	6,33	23,7	1
"Caminos"	ES	0,3	0,3	0,19	0,4	0
	CV	10	7	10	6	0
"Carrichosa"	$\bar{x}$	12,8	14,8	6.05	26.8	1,05
"1x3"	ES	0,2	0,3	0,20	0,8	0,05
	CV	9	19	15	13	21
		12,5	13,8	5,67	28,0	1
"Carrascal"	ES	0,3	0,6	0,33	0,6	0
	CV	4	8	10	4	0
"Pelicanos	$\bar{x}$	14,9	15,6	5,25		1
Archena"	ES	0,3	0,4	0,10		0
	CV	9	11	9		0
	$\bar{x}$	12,4	14,0	5,18	21,6	1
"Moniquí	ES	0,1	0,2	0,17	1,0	0
Azaraque"	CV	3	4	8	12	0

(1) Caracteres florales: longitud (LP, mm), anchura (AP, mm) y número (NPE) de pétalos, diámetro de la corola (DC, mm) y número de pistilos (NPI).

genotípicamente, BURGOS (1991) utilizó las dimensiones de los pétalos como un carácter a considerar en la descripción de las flores de seis variedades de albaricoquero y BADENES *et al.* (1993) concluyeron que los caracteres referentes al tamaño de las flores discriminan las variedades y los clones y en cambio no están influidos significativamente por el ambiente.

El carácter más uniforme es el correspondiente al número de pistilos. No obstante, existen dos clones ("Fenómeno" y "Mo-

CUADRO 2

PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE DE DUNCAN PARA SEPARAR LAS MEDIAS DE CINCO CARACTERES FLORALES DE DIECINUEVE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.). LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS DE LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($p \leq 0.05$)

TABLE 2

DUNCAN´S TEST OF FIVE FLORAL CHARACTERISTICS OF NINETEEN APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.) CLONES. MEAN VALUES FOLLOWED BY THE SAME LETTER SHOW NO STATISTICAL DIFFERENCES ($P \leq 0.05$)

CLON	LONGITUD DEL PÉTALO (mm)	CLON	ANCHURA DEL PÉTALO (mm)
"Pelícanos Archena"	14,9 a	"Velázquez"	16,9 a
"Velázquez"	14,7 a	"Real Fino de Molina"	16,6 ab
"Caninos"	13,8 b	"Pepito"	16,3 abc
"Liberato"	13,7 b	"Ojaico"	16,0 bcd
"Mauricios"	13,6 bc	"Caninos"	15,6 cde
"Pepito"	13,5 bcd	"Pelícanos Archena"	15,6 cde
"Ojaico"	13,5 bcd	"Liberato"	15,3 def
"Reales Cortos"	13,1 bcde	"Cebollero"	15,1 ef
"Carrichosa 1x3"	12,8 cdef	"Moniquí Fino"	14,9 efg
"Moniquí Fino"	12,8 cdef	"Carrichosa 1x3"	14,8 efgh
"Cebollero"	12,8 cdef	"Mauricios"	14,7 efgh
"Currot"	12,6 def	"Reales Cortos"	14,6 efgh
"Carrascal"	12,5 ef	"Currot"	14,6 fgh
"Moniquí Azaraque"	12,4 ef	"Rojo de Carlet"	14,0 ghi
"Rojo de Carlet"	12,0 fg	"Moniquí Azaraque"	14,0 ghi
"Chicanos Archena"	11,9 fg	"Chicanos Archena"	14,0 ghi
"Fenómeno"	11,4 g	"Carrascal"	13,9 hi
"Palabras"	11,3 gh	"Fenómeno"	13,4 i
"Real Fino de Molina"	10,6 h	"Palabras"	11,9 j

CUADRO 2 (continuación)

PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SEPARAR LAS MEDIAS DE CINCO CARACTERES FLORALES DE DIECINUEVE CLONES DE ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.). LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS DE LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($p \leq 0.05$)

TABLE 2

DUNCAN'S TEST OF FIVE FLORAL CHARACTERISTICS OF NINETEEN APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.) CLONES. MEAN VALUES FOLLOWED BY THE SAME LETTER SHOW NO STATISTICAL DIFFERENCES ($P \leq 0.05$)

CLON	NÚMERO PETALOS	CLON	DIÁMETRO COROLA (mm)	CLON	NÚMERO PISTILOS
"Fenómeno"	6,45 a	"Velázquez"	31,9 a	"Fenómeno"	1,53 a
"Caninos"	6,33 ab	"Real Fino de Molina"	31,8 a	"Moniquí Fino"	1,35 b
"Carrichosa 1x3"	6,05 abc	"Currot"	29,6 b	"Carrichosa 1x3"	1,05 c
"Palabras"	5,94 bc	"Carrascal"	28,0 bc	"Palabras"	1,00 c
"Chicanos Archena"	5,85 bcd	"Carrichosa 1x3"	26,8 c	"Mauricios"	1,00 c
"'Pepito"	5,83 bcd	"Fenómeno"	25,0 d	"Currot"	1,00 c
"'Liberato"	5,75 cde	"Caninos"	23,7 de	"Rojo de Carlet"	1,00 c
"Carrasca'"	5,67 cdef	"Chicanos Arcneha"	23,7 de	"Reales Cortos"	1,00 c
"Currot"	5,55 cdefg	"Liberato"	22,2 ef	"Ojaico"	1,00 c
"Moniquí Fino"	5,55 cdefg	"Palabras"	22,0 ef	"Liberato"	1,00 c
"Velázquez"	5,40 defg	"Moniquí Azaraque"	21,6 f	"Pepito"	1,00 c
"Reales Cortos"	5,36 defg	"Reales Cortos"	20,8 fg	"Cebollero"	1,00 c
"Ojaico'"	5,25 efg	"Moniquí Fino"	20,3 fg	"Real Fino de Molina"	1,00 c
"'Mauricios"	5,25 efg	"Mauricios"	19,5 g	"Chicanos Archena"	1,00 c
"Rojo de Carlet"	5,25 efg			"Caninos"	1,00 c
"Ceboller"	5,25 efg			"Velázquez"	1,00 c
"Pelícanos Archena"	5,25 efg			"Carrascal'"	1,00 c
"Moniquí Azaraque"	5,17 fg			"Pelícanos Archena"	1,00 c
"Real Fino de Molina"	5,06 g			"Moniquí Azaraque"	1,00 c

CUADRO 3
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE CUATRO CARÁCTERES FLORALES DEL ALBARICOQUERO (*PRUNUS ARMENIACA* L.): LONGITUD (LP); ANCHURA (AP) Y NÚMERO (NPE) DE PÉTALOS Y DIÁMETRO DE LA COROLA (DC)
TABLE 3
CORRELATION COEFFICIENTES OF FOUR FLORAL CHARACTERS OF APRICOT (PRUNUS ARMENIACA L.): LENGTH (P); WIDTH (AP) AND NUMBER (NPE) OF PETALS AND COROLLA DIAMETER (DC)

	LP	AP	NPE	DC
LP	1,000	***	***	***
AP	0,804	1,000	**	***
NPE	-0,256	-0,218	1,000	ns
DC	0,340	0,410	0,017	1,00

*** $p \leq 0{,}001$
** $p \leq 0{,}01$
ns No significativo

niquí Fino") en los que aparecen flores con más de un pistilo, STERLING (1964) comentó que la aparición de flores bicarpeladas es frecuente en el género *Prunus*. La posibilidad de que este suceso ocurra junto con la importancia del pistilo en la productividad de la especie, nos lleva a sugerir la inclusión de este carácter en la descripción floral.

El carácter menos uniforme fue la anchura de los pétalos que oscila desde 11,9 mm ("Palabras") hasta valores superiores a 16 mm ("Pepito", "Real Fino de Molina" y "Velázquez"), pudiéndose establecer diez grupos diferentes con mayor o menor grado de conexión entre ellos, excepto en el caso de "Palabras" cuya anchura de pétalo fue significativamente diferente a la del clon que le antecede ("Fenómeno").

El diámetro de la corola también fue un carácter que presentó grandes diferencias entre los catorce clones estudiados, llegándose a establecer siete grupos con diámetros que oscilaron entre 19 mm ("Mauricios") y 32 mm ("Real Fino de Molina" y "Velázquez").

El número de pétalos resultó ser un carácter con el que se pudieron establecer siete grupos pero que en la mayoría de los casos están conectados entre sí.

Los coeficientes de correlación entre longitud; anchura y número de pétalos y diámetro de la corola (cuadro 3) muestran que, excepto el diámetro de la corola y el número de pétalos, los restantes caracteres se hallan significativamente correlacionados. Esta correlación es negativa en el caso del número de pétalos con la longitud y anchura del pétalo y positiva en el resto de los pares de caracteres analizados.

En la figura 1 se representa la agrupación de los clones en función de su semejanza, considerando la distancia Pearson, respecto a la medida de los cinco caracteres florales analizados. La citada agrupación

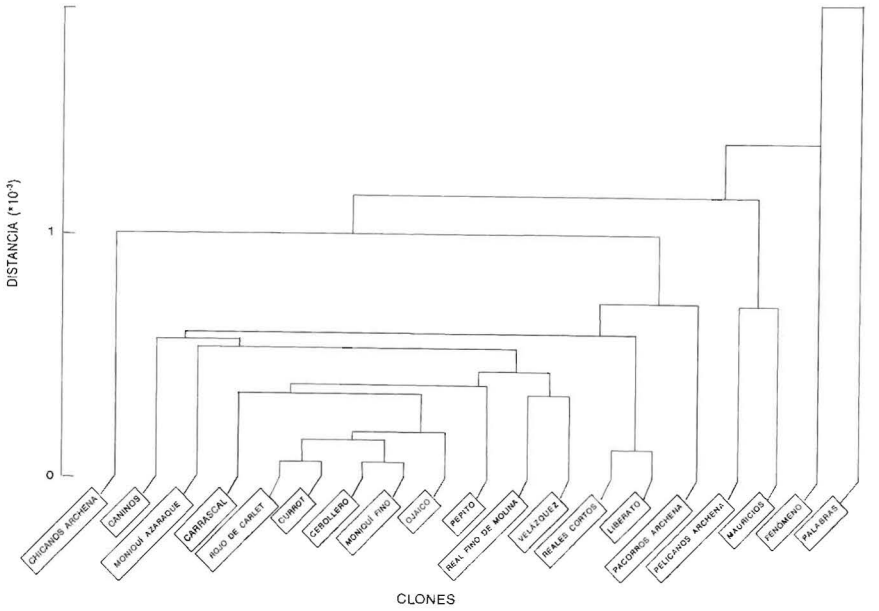


Figura. 1. Agrupación de diecinueve clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) en función de cinco parámetros florales. La proximidad entre pares de elementos se determinó utilizando la distancia de Pearson

Figure 1. Grouping of nineteen apricot (Prunus armeniaca L.) clones according to five floral parameters. Proximity among measures was estimated using Pearson's distance

muestra que el clon que más se aleja del resto es "Palabras". Este clon se recolectó en Alcudia (Valencia), su procedencia es la misma que la de los clones "Currot" y "Rojo de Carlet", pero a diferencia del anterior, estos dos últimos están muy próximos entre sí. Los tres son autóctonos de la Comunidad Valenciana, pero la proximidad entre "Cu-rrot" y "Rojo de Carlet´ parece ser mayor. "Cebollero" y "Moniquí Fino" son dos clones que también suman el tener idéntico origen geográfico (Cieza, Murcia) con estar muy próximos respecto a los caracteres florales analizados.

"Currot", "Rojo de Carlet", "Ojaico", "Moniquí Fino" y "Cebollero" forman un grupo bastante próximo, lo mismo que sucede con "Liberato" y "Reales Cortos". Los cinco primeros presentan dos orígenes geográficos diferentes y según ANDRÉS (1994) se pueden englobar, respecto a sus calendarios de floración y maduración, en tres grupos distintos, estas diferencias también se pueden hacer extensivas al aspecto y calibre del fruto. Los clones "Liberato" y "Reales Cortos" se encuentran geográficamente más próximos y según el autor anterior estos sí que son similares en épocas de floración y maduración y en el calibre del fruto.

El estudio de los caracteres florales analizados nos indica que, la morfología floral puede utilizarse con fines taxonómicos, aunque las semejanzas que se establecen

entre clones, respecto a ella, no son indicativas ni de un origen geográfico próximo ni de la similitud de otras características fenotípicas.

La utilización de las dimensiones florales con fines taxonómicos presenta la ventaja de que estamos utilizando un carácter que esta fijado genotipicamente y que tiene una menor dependencia de los factores ambientales que otras características varietales, como pueden ser las épocas de floración o de maduración.

Bibliografía

ANDRÉS M.V., 1994. Biología floral y varietal del albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, 256 p.

BADEMES M. L., LLACER G., ASINS M.J., GÜERRI J., GARCÍA S., 1993. Caracterización pomológica de variedades y clones de albaricoquero. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 8, 55-65.

BURGO S L., 1991. Biología floral de variedades de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, 260 p.

DONNO G., 1941. I caracteri morfologici del fiore e la determinazione delle varietà di albicocco. Ann. Fac. Sc. Agr. Portici, 12.

HESLOP-HARRISON Y., 1981. Stigma characteristics and angiosperm taxonomy. Nord. J. Bot., 1, 401-419.

MINGIONE G., 1989. Novità e prospettive per l"albicocco. L"Inf. Agr., 47, 41-50.

QUARTA R., ARIAS E., FIDEGHELLI C., SCORTICHINI M., SHIN Y.U., 1985. Genetic dwarf Apricots. Acta Hort., 192, 329-335.

QUARTA R., BRUNALTI R., 1984. Flower Morphology of 23 Cultivars of Apricot. Acta Hort., 149, 85-94.

SOHNE W.K., 1993. Variety: "Korsorb" (commercial synonym: "Cubana"). Application 91/052. Pl. Varieties J., 6, 12-13.

STERLING, C. (1964). Comparative morphology of the carpel in the Rosaceae. Prunoidae. Prunus Amer. J. Bot., 511: 36-44.

SURANY D., 1989a. The rootstock as a modifying factor in the flower organization of the C970 Besztercei plum. Acta Agron., 38, 255-263.

SURANYI D., 1989b. Caratteristiche morfologiche dei fiori delle cultivar ungheresi. IX Int. Sym. Apricot Culture, Caserta, Italia.

SURANYI D., 1990. Morphogenetic features of seed-producing stone fruit rootstock varieties. Acta Agron. Hung., 39, 407-419.

SURANYI D., 1992. Pheno and genotypic floral characters in several taxa of some genera in the subfamily Prunoideae. Acta Agron. Hung., 41, 201-208.

SZUJKO-LACZA, J. 1986. Data on the morphology and anatomy of Prunus armeniaca L. Acta Hort., 192, 9-18.

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

ZAR J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey, pp. 306-327.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)

ITEA (1998), Vol. 95V N.° 2, 189-201

LA FRUTICULTURA DE PEPITA EN GALICIA: ESTRUCTURA PRODUCTIVA, MERCADO Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

J. Ascasibar Errasti
F. Sau Sau
S. Pereira Lorenzo*

Universidad de Santiago de Compostela
Departamento de Producción Vegetal
Campus Universitario
27002 Lugo
España

RESUMEN

En el pasado la Cornisa Cantábrica tuvo un papel relevante en la fruticultura española. En la actualidad, la producción de fruta de pepita en Galicia y, en particular, la de manzana de mesa, se encuentra en regresión. La falta de calidad, especialmente por falta de un acondicionamiento postcosecha adecuado, ocasiona serias dificultades comerciales que se ven agravadas por la dispersión y falta de organización de los productores. Esto se une a una baja próductividad, que impide un mayor dinamismo del sector. Habida cuenta de que la capacidad productiva solo alcanza el 10% del consumo local, podríamos pensar que la fruticultura de pepita puede ser una alternativa a las explotaciones de vacuno. En el presente trabajo se intenta determinar las posibles limitaciones productivas del sector y las exigencias del mercado de frutas de Galicia.

Palabras clave: Producción frutal, Comercialización, Manzano, Explotaciones frutales.

SUMMARY
POME FRUIT CULTURE IN GALICIA: PRODUCTIVITY STRUCTURE, MARKET AND PRODUCTION COSTS

In the past the Cornisa Cantábrica had a relevant position in the fruit culture in Spain. Actually, pome fruit production in Galicia, specially for dessert, is in regression. Lack of quality, mainly by lack of suit postharvest fitting out, produce serious marketing difficulties, aggravated by dispersal and lack of organization of growers. This is linked to a low productivity, which difficult higher vitality in this sector. Since production in Galicia is only the 10% of the consumption, we could think that pome fruit culture could be an alternative to livestock. In this paper we try to identify possible production limitations in pome fruit production and exigencies of fruit market in Galicia.

Key words: Fruit production, Market, Apple, Fruit orchards.

* A quien debe ser remitida la correspondencia.

Introducción

Galicia, al igual que la Cornisa Cantábrica, tuvo históricamente cierta relevancia como zona de producción frutícola (MEIJIDE, 1961). En los primeros años de este siglo era una de las principales zonas españolas de cultivo de manzano (LAFFITE, 1920). Son indicadores de ello la estructura del censo de frutales, con un elevado número de pies aislados (44,09 % del total nacional, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996) y la enorme diversidad de cultivares catalogados como autóctonos. Es una especie que está presente en toda la Comunidad Autónoma y su aprovechamiento es mayoritariamente la elaboración de sidra. Con tal fin se vende a lagares de Asturias y en menor medida de Gipuzkoa. Es frecuente el cultivo asociado de manzano y peral, aunque éste siempre como cultivo secundario.

La manzana de mesa tiene una importancia inferior y en la actualidad, en un marco internacional de creciente saturación de mercados y pérdida de competitividad de la producción española, atraviesa una aguda crisis al no haber sabido adaptarse a las exigencias impuestas por el mercado y la transformación de la distribución.

Como consecuencia el sector se encuentra en regresión. De hecho la disminución de la superficie cultivada en plantaciones industriales durante el período 1992-1997, ha sido de 106,3 ha, el 40,7% de la superficie cultivada en 1992 (PEREIRA y CALAVIA, 1992).

En este estudio se pretende describir la estructura productiva de la manzana de mesa en la zona noroeste de la Península, así como la percepción que de ella tiene el sector mayorista e intentar determinar los factores causantes de la crisis que experimenta.

Metodología

Estructura productiva

Para caracterizar el sector productivo se han realizado entrevistas a los socios de la Asociación de Fruticultores de Galicia (AFRUGA). Esta asociación, con personalidad jurídica de ATRIA, estima que agrupa al 80% de los productores de fruta de pepita de Galicia, repartidos por todo el territorio de la Comunidad Autónoma. De las 29 explotaciones que agrupa esta asociación, 9 se localizan en A Coruña, 7 en Lugo, 4 en Ourense y 9 en Pontevedra.

Caracterización de los operadores comerciales

El estudio del mercado se abordó a través de un muestreo aleatorio en las cuatro provincias gallegas, con una distribución de encuestas proporcional a la población de cada provincia. Se realizaron 27 entrevistas, 3 de ellas con responsables de plataformas de compra de cadenas de supermercados y grandes superficies y el resto mayoristas tradicionales. Estos mayoristas son asentadores en los mercados de abastos de A Coruña, Santiago y Vigo y almacenistas de Lugo y Ourense.

Estudio de costes

Para el estudio de costes se siguió, con alguna modificación la metodología propuesta por CABALLERO *et al.* (1992) partiendo de una explotación tipo, representa-

tiva del tipo de explotación más frecuente en la Comunidad. Los datos de superficie, producción, mano de obra, mecanización, gastos en productos fitosanitarios y fertilizantes son los más frecuentes en las encuestas realizadas y se completaron con la información facilitada por el Servicio Técnico de la Asociación de Fruticultores de Galicia sobre costes de implantación y producción en el período de formación de la plantación (cuadro 1).

Dada la falta de normalización del producto y el sistema de comercialización con una política de precios errática, no se dispone de datos fiables sobre precios de venta, por lo que se recurre a los precios medios publicados por el MAPA en el Anuario Estadístico.

El estudio se completa con un análisis de sensibilidad para establecer los umbrales de rentabilidad con diferentes supuestos de producción y precios.

Resultados y discusión

Estructura productiva

Localización y dimensiones de las explotaciones

La localización geográfica se circunscribe básicamente a 5 zonas: Betanzos en A Coruña, A Estrada-Ulla-Santiago entre las provincias de Pontevedra y A Coruña, Chantada y Monforte en Lugo y O Barco en Orense. Esto da una idea de la dispersión de las explotaciones, lo que de entrada constituye un freno a los intentos de organización de la oferta.

CUADRO 1
SUPUESTO DE INVERSIÓN POR HA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA EXPLOTACIÓN TIPO DE 5 HA DE MANZANO EN GALICIA

Concepto	Unidad	Coste unitario (ptas.)	Importe (ptas.)
Maquinaria			
Tractor (50 C.V.)			2.650.000
Desbrozadora			200.000
Atomizadora (1.000 l)			650.000
Total por ha			700.000
Coste de implantación			
Preparación del terreno			
Roturado	4 horas	5.000	200.000
Subsolado	4 horas	5.000	200.000
Encalado	3.500 kg	11	38.500
Abonado	400 kg	52	20.800
Plantación			
Planta	1.500	375	562.500
Apoyo y estructura			295.000
Riego por goteo (parte proporcional)		450.000	
Total coste de implantación		1.406.800	

Otro problema añadido para la ordenación del sector es la atomización de la producción. Aunque la superficie media dedicada al cultivo de frutales de pepita es de 5,3 ha, el 75% de las explotaciones tiene menos de 5,5 h, y la mitad tiene una superficie de 3 ha o inferior (cuadro 2).

Una problemática similar, en cuanto a dimensión de las explotaciones podría darse en la comarca vecina de El Bierzo, no obstante el hecho de que estos productores se encuentren situados en el mismo ámbito geográfico les permite ofertar volúmenes de producción más importantes.

Dedicación y régimen de tenencia de tierra

El régimen de tenencia de tierra, para el 98,8 % de la superficie, es en propiedad. Únicamente uno de los encuestados trabaja una explotación en alquiler. Por el contrario, solamente el 31% de los encuestados se dedica exclusivamente a la producción frutal (cuadro 3), lo que dificulta la modernización del sector, tanto más cuanto que el 62,5% de los fruticultores a título principal tiene más de 65 años.

Caracterización técnica

El 52,8 % de la superficie plantada de manzanos tiene más de 20 años (cuadro 4), lo que tiene su reflejo en el material vegetal y los sistemas de formación empleados: palmetas de gran desarrollo debido al uso de patrones francos, desequilibradas en su mayor parte por la dificultad de controlar el excesivo vigor.

CUADRO 2
CLASIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES GALLEGAS DE FRUTA DE FRUTA DE PEPITA POR RANGO DE SUPERFICIE

Dimensión	< 3 ha	3-6 ha	6-10 ha	10-20 ha	>20 ha
N° explotaciones	15	9	2	2	1
% explotaciones	51,7	31,1	6,9	6,9	3,4
Superficie ocupada	29,5	40,0	15,0	30,0	40,0

CUADRO 3
CLASIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DE FRUTA DE PEPITA EN GALICIA SEGÚN DEDICACIÓN DEL TITULAR

Dedicación	% Explotaciones	Superficie media	Superficie total	% Superficie
		ha		ha
Fruticultor	31,0	3,5	31,5	20,4
Explotación mixta	17,3	1,8	9,0	5,8
Fruticultor tiempo parcial	20,7	2,3	13,5	8,7
No trabaja la explotación	31,0	11,2	100,5	65,0

CUADRO 4
SUPERFICIE DEDICADA AL CULTIVO DEL MANZANO
EN GALICIA POR VARIEDADES Y RANGO DE EDADES

	< 5 años ha	6-10 años ha	11-15 años ha	16-20 años ha	>20 años ha	ha	Total %
Golden	12,4	2,9	0,4	11,8	44,7	72,2	54,1
Granny	1,6	0,5	0,4	2,9	0,8	6,2	4,6
Reineta	6,4	4,9	0,8	6,3	10,2	28,7	21,5
Rojas	6,4	1,5	–	–	–	7,9	6,0
Starking	–	–	–	–	9,1	9,1	6,8
Otras	0,5	2,8	–	0,4	5,6	9,3	7,0
Total	27,3	12,7	1,6	21,3	70,5	133,4	100,0

La variedad predominante es la Golden, que ocupa el 54,1 % de la superficie de manzana, pero tienen una presencia importante las variedades ácidas (26,1%) como Granny-Smith, Reineta blanca y sobre todo Reineta gris del Canadá, conocida en el mercado local como Tabardilla y que es muy apreciada. Esta estructura varietal responde adecuadamente a la demanda de los consumidores gallegos, puesto que se trata de las variedades consumidas en esta zona.

En las plantaciones recientes se introducen algunos clones modernos como son Fuji, Erovan, Jonagold, Red Chieff, Top Red, Sumired o Gala y sus mutaciones, pero en conjunto el grupo de variedades rojas y bicolores no ocupa más que el 6 % (cuadro 4).

Tan sólo el 14,2% de la superficie está ocupada por patrones enanizantes (M-9), aunque representan el 60,8% de los empleados en plantaciones de menos de 5 años. El patrón más empleado es M-106, semienanizante, que ocupa el 46,1% de la superficie. El 39,7% restante son patrones más vigorosos (cuadro 5) y, normalmente ocupan las plantaciones más antiguas.

El sistema de formación predominante es la palmeta regular italiana, aunque en las plantaciones recientes se emplea el eje central.

El sistema de riego mas empleado es el de inundación (48% de los encuestados). El 27,5% disponen de riego por goteo y el 6,9% disponen de riego por aspersión. El 17,2% de las explotaciones no se riega. A pesar de las condiciones climáticas húmedas de la Cornisa Cantábrica, la utilización de riego se hace imprescindible para la obtención de calibres comerciales adecuados, puesto que aunque el tiempo de sequía suele ser muy breve, los suelos presentan una escasa capacidad de retención de agua. Localmente, las heladas representan un problema importante y algunas explotaciones disponen de riego antihelada.

Las labores que demandan una mayor cantidad de mano de obra, como la poda y recolección, habitualmente se realizan contratando personal ajeno a la explotación. En general, es difícil encontrar personal especializado, por lo que, si la poda no se puede realizar con el personal propio de la explotación, se recurre a cuadrillas de podadores

CUADRO 5
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR LOS DIFERENTES PORTAINJERTOS, POR RANGOS DE EDAD

	< 5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	>20 años	ha	Total %
M-7	–	2,0	–	–	0,8	2,8	2,1%
M-9	16,6	1,0	0,6	0,8	–	19,0	14,2%
M-25	0,2	–	–	3,2	–	3,5	2,6%
M-106	8,9	6,1	0,8	16,0	29,7	61,6	46,1%
M-111	1,5	1,5	0,2	1,3	9,8	14,3	10,8%
Franco	–	–	–	–	11,4	11,5	8,6%
Descon.	–	2,0	–	–	18,7	20,7	15,5%
Total	27,3	12,6	1,6	21,3		70,5	133,4 ha

de otras zonas, especialmente Portugal, aunque también pueden venir desde Aragón o La Rioja.

En cuanto a los tratamientos fitosanitarios se aplican técnicas de protección integrada, para lo cual se dispone de cuatro estaciones METO de predicción de ataques de moteado y oidio, dispuestas en cada una de las zonas de mayor concentración de explotaciones. Se efectúa además, control de puesta de araña roja, de vuelos de carpocapsa y controles visuales para otras plagas y enfermedades. Al tratarse de un servicio centralizado y gestionado por un técnico, el gasto en productos fitosanitarios resulta bastante uniforme entre todos los productores y el control de plagas y enfermedades resulta óptimo.

El rendimiento medio es de 28 t/ha, normalmente entre 25 y 35 t. Aunque no se dispone de datos concretos, el porcentaje de calibre bajos parece ser elevado, como resultado de una combinación de factores: edad de las plantaciones, patrones empleados y ausencia de aclareo.

La capacidad productiva total está en torno a las 4.000 t anuales. Tomando en consideración los datos de consumo (Instituto Nacional de Estadística, 1991; M.A.P.A, 1991 y 1994) estimamos que el consumo anual de manzana en Galicia se sitúa en torno a los 20 kg/habitante. El censo de 1991 da una población 2.720.445 personas, esto supone un consumo total de manzana en la Comunidad de entre 50 y 55.000 t. Es decir, la producción no alcanza el 8 % del consumo interno.

Comercialización

La falta de infraestructura adecuada para la confección y conservación del producto, condiciona severamente la práctica comercial de un sector por lo demás fraccionado y poco competitivo. Al no presentarse el producto convenientemente normalizado las dificultades de venta son grandes, incluso con precios por debajo de los que marca el mercado.

De los datos obtenidos en las encuestas (cuadro 6), se deduce que no existen cámaras de atmósfera controlada y solamente el 41,1% de los encuestados dispone de cámaras de frío convencional, propias o en alquiler. El 20,5% cuenta con maquinaria para clasificar la fruta. Existen instalaciones que facilitan el servicio de clasificación y conservación de fruta, a un precio entre 12-14 ptas/kg neto de fruta, pero se encuentran infrautilizadas por la dispersión de las explotaciones.

Las plantaciones pequeñas próximas a aglomeraciones urbanas y que cuentan con cámaras frigoríficas, se decantan por la venta directa a minoristas, cuentan con un cierto prestigio en su zona y sus propietarios son en general los que se encuentran más satisfechos con la marcha el negocio. Las que no disponen de instalaciones, en general no cuentan con canales comerciales establecidos. Se decantan predominantemente por la venta a mayoristas aunque intentan la venta también a minoristas. Existen además casos particulares que disponen de otros canales comerciales, fundamentalmente la venta directa en la explotación.

Caracterización de los operadores comerciales

Mayoristas tradicionales

En las ciudades donde existe mercado central (A Coruña, Vigo y Santiago) se da la figura del asentador, mientras que en Lugo, Orense y Pontevedra, los mayoristas son almacenistas, no obstante sus modos de operar son semejantes.

Más interesante resulta observar el modo de aprovisionarse de los mayoristas, según el cual distiguimos entre los que compran directamente al productor o cooperativa y los que lo hacen a través de corredores que trabajan a comisión, por cuenta del vendedor.

El recurso al corredor en destino es una cuestión de dimensión del mayorista. Solamente afirman comprar a través de un corredor en Galicia el 7,4 % de los encuestados, todos ellos en Mercagalicia. Mientras que el corredor de origen suple la carencia de estructura comercial en una determinada zona, de hecho puede darse el caso de que la misma empresa en una región o para un producto concreto trabaje a través

CUADRO 6
CLASIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES
SEGÚN INFRAESTRUCTURA Y CANAL COMERCIAL

Canal preferente	No dispone de cámara		Dispone de cámara	
	Sin calibradora	Con calibradora	Sin calibradora	Con calibradora
Mayorista	37,9	3,4	3,4	3,4
Minorista	6,8		17,2	10,3
Cooperativa	3,4			
Directo en finca			3,4	3,4
Industria		3,4		

de corredores o agentes comerciales y en otra diferente no. Una última posibilidad es que el mayorista sea sucursal de una empresa de implantación nacional. Se trata de los mayores operadores y se encuentran principalmente en A Coruña y Vigo. El desarrollo de esta modalidad es paralelo a la concentración en la distribución, donde los grupos empresariales mas poderosos van absorbiendo a los más pequeños.

Desde otro punto de vista, puede efectuar la compra en firme o trabajar a comisión, incluso recibir la mercancía sin precio y liquidar al productor descontando los costes de comercialización y su margen comercial. La manzana es un producto que se compra normalmente en firme, mientras que para productos más perecederos (hortalizas, fresa, higo, cereza o castaña) donde el riesgo es mayor y el precio puede estar más sujeto a oscilaciones, no es infrecuente trabajar a comisión, que oscila entre el 8 y el 12%. Se fija entre productor y mayorista un precio aproximado de venta y, en función de las dificultades de comercialización, se va bajando el precio. Excepcionalmente, se trabaja sin precio, cuando los productores se ven forzados por el exceso de producción, pero no es un procedimiento del agrado de la mayoría de los mayoristas porque resulta una fuente de conflictos.

Plataforma de compras

No se trata más que de centros de distribución de frutas y hortalizas entre las tiendas de la cadena de supermercados, hipermercados y grandes almacenes.

El aprovisionamiento se realiza "just on time" (Stock 0) y se imponen condiciones muy exigentes a los proveedores, firmando un contrato al inicio de cada año donde se establecen las condiciones de venta de la campaña.

La rotación del producto es de 48 horas, se imponen sanciones por retrasos en la entrega, por lo que solamente disponen de cámaras de mantenimiento, a unos 3°C, pero no de conservación.

Pueden estar situadas fuera de la Comunidad, en este caso las tiendas disponen de proveedores locales, normalmente mayoristas, que deben estar registrados en la cadena, y a los que recurren en caso de rotura de stocks.

Variedades comercializadas

Se considera que el mercado gallego, y el de todo el norte de España, muestra preferencia por las variedades ácidas y amarillas. Observando la composición varietal de las ventas correspondientes al total de encuestas, se puede corroborar esta afirmación: el 55,8% de las ventas de los encuestados corresponden a la variedad Golden, el 9,72% Reineta del Canadá, Granny-Smith 2,81%, Rojas y Bicolores modernas 29,01% y otras 2,57% .

A este respecto se observan variaciones entre las distintas provincias. Así por ejemplo en Pontevedra el volumen de Golden comercializada se sitúa en el 46,3% (a diferencia del resto de provincias donde oscila en torno al 70%), mientras que el grupo de las Rojas alcanza el 39%. Además, existen algunas variedades que tienen importancia solo localmente, como son King David, Red Winesap y Stayman en el área de Vigo-Pontevedra.

El origen de las manzanas comercializadas en Galicia es prioritariamente Cataluña, fundamentalmente Lérida, citada como principal zona de abastecimiento en el 85%

de los mayoristas que compra en origen, pero Gerona adquiere importancia, sobre todo por la calidad de sus productos. Le sigue en importancia El Bierzo, que es citado en una proporción similar como 2.ª zona de compra. Otras zonas nombradas son la Ribera del Ebro (Rioja, Navarra, Aragón) y Badajoz.

La importación tiene poca relevancia y principalmente se emplea para variedades rojas y los orígenes son mayoritariamente Francia e Italia, en menor medida Sudamérica, normalmente no se realiza directamente sino a través de grandes operadores.

Factores de calidad del producto

Los criterios de percepción de la calidad por el mayorista se reflejan en la cuadro 7. Es fundamental que el producto esté normalizado, lo que por otra parte es un requisito legal, y por ese motivo debe de estar correctamente calibrado, ser homogéneo, de coloración uniforme, sin defectos ni deformaciones.

Se prefieren los calibres grandes. Esta es una característica varietal, así por ejemplo, Golden es comercial para calibres 70 y mayores y las calidades Extra son calibres 75-85 (mayoritariamente de importación). Variedades como Gala, de menor formato, se trabajan a partir de 65 mm.

La homogeneidad se considera también muy importante, no sólo por una cuestión de presencia, sino sobre todo, para reducir las mermas durante el período de almacenaje.

La importancia que se concede al envasado es grande, pero difiere según el tipo de mayorista. Las plataformas de compra son las más exigentes. Esto es debido, por un lado, a que efectúan la venta en autoservicio y el envase y presentación han de actuar como "agentes de ventas". En este sentido se valora positivamente la presencia de alveolos, que protegen al producto y garantizan una menor incidencia de alteraciones durante el transporte y manipulación, pero además realza la calidad del producto. Por otro lado, se valoran mucho las

CUADRO 7
CRITERIOS DE VALOR DE LA CALIDAD
POR PARTE DE LOS MAYORISTAS GALLEGOS (*)

Valoración	Producción integrada	Producto ecológico	Producto gallego	Homogeneidad	Calibre	Envase	Precio
0	100,0	92,6	63,0	3,7	–	–	–
1	–	7,4	25,9	3,7	–	14,8	11,1
2	–	–	11,1	25,9	29,6	51,9	40,7
3	–	–	–	66,7	70,4	33,3	48,2

(*) Porcentaje de respuestas en la encuesta, para cada valoración.
0: Sin importancia.
1: Poco importante.
2: Importante.
3. Muy importante.

CUADRO 8
CRITERIOS DE ELECCIÓN DE PROVEEDORES
POR PARTE DE LOS MAYORISTAS GALLEGOS (*)

Valoración	Diversidad oferta	Volumen ofertado	Proximidad	Calidad	Confianza
0	69,6	21,7	87,0	–	–
1	13,0	4,4	8,7	–	–
2	13,0	39,1	–	21,7	30,4
3	4,4	34,8	4,3	78,3	69,6

(*) Porcentaje de respuestas en la encuesta, para cada valoración.
0: Sin importancia.
1: Poco importante.
2: Importante.
3. Muy importante.

dimensiones del envase, ya que la distribución por las tiendas se efectúa en carries de dimensiones normalizadas. El no adecuarse a éstas supone una pérdida en la capacidad de carga de los camiones de hasta un 30%.

Los mayoristas que menor importancia conceden al envasado son, evidentemente, los que por una cuestión de economía compran el producto a granel, precalibrado en palots, y lo envasan ellos mismos. También lo consideran secundario aquellos mayoristas que cuentan con puntos de venta al detalle. Estos, normalmente, disponen de envases de plástico propios que son reutilizables y resultan más económicos.

El resto, salvo que trabaje calidades inferiores y por tanto más económicas, prefiere envase desechable, de madera o cartón, por la dificultad de organizar la recogida de envases por las tiendas a las que sirven.

El envase de cartón generalmente se asocia a calidades superiores, sobre todo si es un plafón de una sola capa. Se prefiere la madera si el producto va a tener conservación prolongada en cámara, porque el cartón es higroscópico y pierde cualidades mecánicas al humedecerse.

En general la fruta local, a diferencia de las hortalizas, tiene mala imagen y salvo el kiwi, su origen gallego es poco valorado. El 89 % de los encuestados opina que, esta característica, tiene poca o ninguna importancia.

Los factores restantes son secundarios. La producción integrada no es valorada por ninguno de los encuestados, de hecho solamente es identificada por uno de ellos. La valoración de los productos ecológicos es también muy baja.

Estudio de costes

De acuerdo con los datos publicados por el M.A.P.A (1997), el precio medio anual percibido por el agricultor más favorable en los últimos 5 años, es de 43,26 ptas./kg, en la campaña 1995. Descontado el coste de clasificación y conservación en cámaras de alquiler, 12 ptas./kg (precio de mercado en la región), obtenemos un precio en campo de 31,26 ptas./kg de manzana.

Aplicando este precio a los parámetros obtenidos de las encuestas, en plena producción apenas llegan a cubrirse los costes, sin incluir la renta de la tierra ni la amortización de la plantación (cuadro 9).

El dato más importante para el cálculo del coste unitario es la productividad. Si la comparamos con los rendimientos obtenidos en zonas geográficamente próximas y con presencia en el mercado gallego de manzana, como la comarca de El Bierzo en León, donde se alcanzan las 80 t, frente a las 30 t obtenidas en Galicia, puede comprenderse la falta de competitividad y rentabilidad de la producción en Galicia.

En el supuesto considerado, el precio mínimo a percibir por el agricultor para obtener un beneficio empresarial es de 43,4 ptas. con una producción de 30 t. El umbral de rentabilidad para el precio de 31 ptas./kg se sitúa en 47,8 t/ha.

Conclusiones

La región gallega presenta una gran necesidad de alternativas al sector ganadero. La fruticultura puede ser una de ellas, ya que no existen condiciones ecológicas limitantes para la producción y existe un margen importante para incrementar la oferta local. Sin embargo, para disponer de un sector competitivo, se ha de acomodar a las demandas de un mercado en el que la gran distribución adquiere día a día más importancia e impone sus criterios en relación con la calidad, demanda unos volúmenes comerciales importantes, a la vez que rechaza asumir el riesgo de la conservación. Por otro lado, se debe recuperar el tiempo perdido desde los anticuados huertos frutales a la tecnificada y competitiva fruticultura actual.

Por este motivo, para abordar el poblema comercial se hace necesario contar con una infraestructura adecuada para la confección y conservación de la fruta. Dada la dispersión de los productores gallegos es impensable disponer de un solo centro destinado a este fin, por lo que, en el actual estado de cosas, hay que asumir el coste adicional que puede suponer el contar con una central frutícola de reducidas dimensiones en cada zona productiva. Esto no obsta para que, aún sin agrupación física del producto, la comercialización se aborde de forma conjunta.

En cuanto a los aspectos técnicos, la renovación de las plantaciones debe servir para incrementar la productividad e introducir variedades de mayor cotización en el mercado. La concepción de la fruticultura, como actividad secundaria en la mayor parte de los casos, y el deseo de no asumir riesgos dificulta esta renovación.

Otro aspecto que no se debe de soslayar es la ausencia durante los últimos 20 años de investigación y experimentación en frutales de pepita, lo que supone un problema a la hora de asesorar a los potenciales fruticultores en aspectos técnicos. En la actualidad se está tratando de retomar esta línea con estudios de variedades autóctonas por parte de la Universidad de Santiago y el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, o con la experimentación de variedades de sidra por parte de Extensión Agraria.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Fondo Social Europeo a través del programa ADAPT, proyecto Collumella. Agradecemos la colaboración y facilidades prestadas por AFRUGA, especialmente al Téc-

CUADRO 9
RESUMEN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN PARA UNA EXPLOTACIÓN TIPO

1. Producción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Producción (t)			5000	10000	18000	27000	30000
Precio (ptas./kg)			31,26	31,26	31,26	31,26	31,26
	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)	Total (Ptas.)
2. Costes variables							
Materias primas							
Fertilizantes		15.000	25.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Fitosanitarios	55.000	55.000	85.000	120.000	120.000	120.000	120.000
Costes variables maquinaria	50.000	50.000	75.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Seguro cosecha			5.400	10.800	19.440	29.160	32.400
Mano de obra eventual							
Poda				60.000	60.000	60.000	60.000
Recolección			20.000	40.000	72.000	108.000	120.000
Total costes variables	105.000	120.000	210.400	370.800	411.440	457.160	472.400
3. Interés capital circulante	15.750	16.500	21.020	29.040	31.072	33.358	34.120
4. Costes fijos							
Mano de obra fija	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000
Costes fijos maquinaria	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500
Amortización plantación							462.587
Interés de la plantación	70.340	96.467	124.689	151.252	179.749	19.930	104.082
Renta de la tierra	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
Impuestos y seguros	43.957	43.957	43.957	43.957	43.957	43.957	43.957
Total costes fijos	401.797	427.924	456.146	482.709	511.206	530.758	898.126
5. Total costes (2+3+4)	522.547	564.424	687.566	882.549	953.718	1.021.276	1.404.646
6. Diferencia Producción costes	522.547	564.424	531.266	569.949	391.038	-177.256	-466.846
7. Inversión acumulada	1.929.347	2.493.771	3.025.037	3.594.986	3.986.024	4.163.280	

nico Javier García de la Fuente, así como las indicaciones y consejos ofrecidas por los profesores de la E.P.S. Eliseo Miguelez y Francisco Sineiro.

Bibliografía

CABALLERO P., DE MIGUEL M.D. y JULIA J.F., 1992. Costes y precios en hortofruticultura. 761 pp. Ed. Mundi-Prensa.

I.N.E., 1991-1996. Encuesta continua de presupuestos familiares. Años 1990 a 1995. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

I.N.E., 1991. Encuesta de presupuestos familiares 1990-91. Volumen IV. Resultados por CCAA. Galicia. 172 pp. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

LAFFITTE V., 1920. Las manzanas de cuchillo y sus aplicaciones, 111 pp. Comisión Provincial de Agricultura y Ganadería de Guipúzcoa.

M.A.P.A., 1991.Consumo Alimentario en España 1990. Tomo II. 1801 pp. Ed. Secretaría General Técnica. Madrid.

M.A.P.A., 1994. La Alimentación en España 1993, 497 pp. Ed. Secretaría General Técnica. Madrid.

M.A.P.A., 1996. Anuario de Estadística Agraria 1994, 710 pp. Ed. Secretaría General Técnica. Madrid.

M.A.P.A., 1997. Boletín Mensual de Estadística. Mes de Julio. 105 pp. Ed. Secretaría General Técnica. Madrid.

MEIJIDEA., 1961. La antigua exportación de agrios en Galicia. Revista de Economía de Galicia, Enero-Abril 1961, 4-6.

PEREIRA S. y CALAVIA T., 1994. Producción frutal en Galicia. Situación actual y perspectivas de futuro. Agricultura. 743, 493-496.

(Aceptado para publicación el 20 de mayo de 1999)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 1999 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 1999. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 50.000 ptas. cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizarán con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 1998-99-00

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

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

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

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

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal, Marketing Agroalimentario y Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Mayo 1999. El plazo de inscripción para el curso de Acuicultura finaliza el 30 de Junio 1999. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal y Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente finaliza el 15 de Mayo 2000.

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

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

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

Para mayor información dirigirse a:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza
Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Teléfono 976 57 60 13 - Fax 976 57 63 77
e-mail: iamz@iamz.ciheam.org – Web http://www.iamz.ciheam.org

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

Dirección postal .....

Teléfono .....

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

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

CUOTA ANUAL: Firma.

❑ Sólo una Serie de ITEA { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 4.000 ptas. ó 24 €

❑ Ambas Series 5.500 ptas. ó 33 €

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario

❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:

□□ □□□□□□□□□□□□□□□□

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

SR. DIRECTOR DE .....

Muy Sr. mío:

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

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: ..... N.º .....

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....

INFORMACIÓN PARA AUTORES

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

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

CONDICIONES GENERALES

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

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

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

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

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

ITEA

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

AÑO XXX (1999), Vol. 95V N.º 2

ÍNDICE

Página

R. SOCIAS I COMPANY, A.J. FELIPE.- Blanquerna, Cambra y Felisia. Tres nuevos cultivares autógamos de almendro 111

M. SANZ, J. MACHÍN.- Aplicación del análisis floral al pronóstico y diagnóstico del bitter pit. 118

M. BORONAT, R. MADRID, C. EGEA, I. COLLADOS.- Evolución del color del fruto en variedades de pimiento pimentonero. Influencia de la deficiencia en potasio 125

J. DIMAS LÓPEZ-MTZ., J. GUERRERO ALVARADO.- Contenido de humedad del suelo para decidir la siembra en agricultura de zonas áridas 136

J.F. ORTEGA, J.A. DE JUAN, J.M. TARJUELO, R. MERINO.- Modelo de ayuda a la toma de decisiones sobre el manejo del agua de riego. Aplicación al análisis de la agricultura de regadío en la vega del Tajo (Toledo) 149

M.V. ANDRÉS, J. RODRÍGUEZ-NAVARRO, J.M. DURÁN- Caracterización floral de diecinueve clones de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) 179

J. ASCASIBAR ERRASTI, F. SAU SAU, S. PEREIRA LORENZO.- La fruticultura de pepita en Galicia: estructura productiva, mercado y costos de producción 189