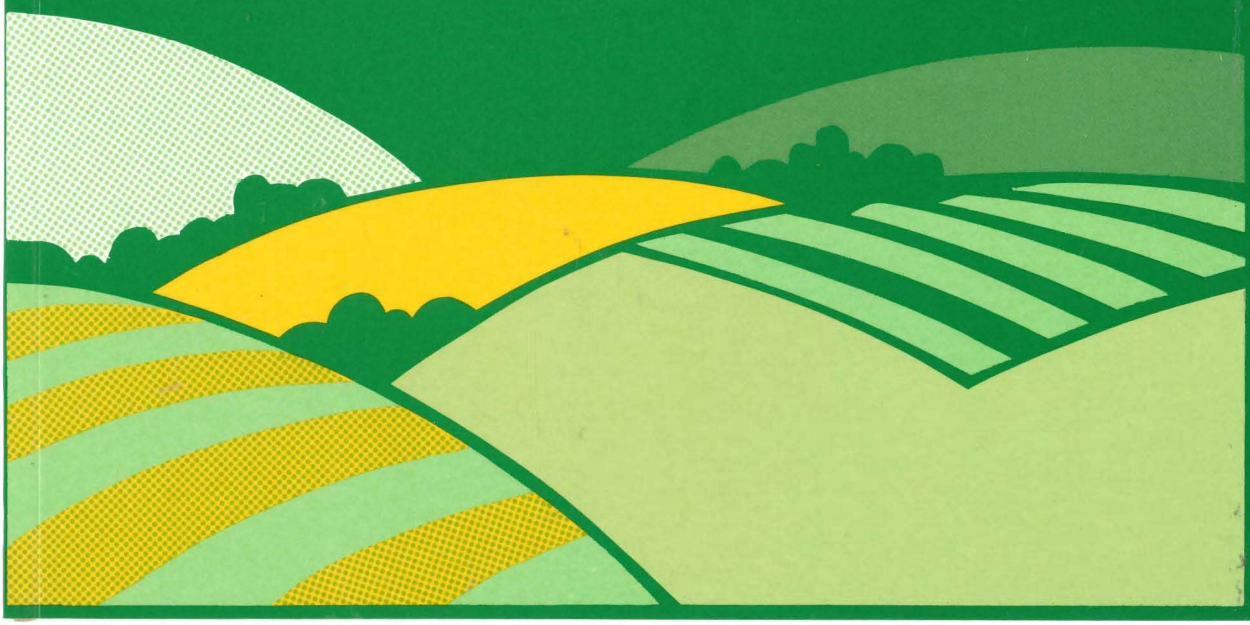
ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCION VEGETAL

Asociación
Interprofesional
para el Desarrollo
Agrario
1997 – Vol. 93V N.º 1



ITEA

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

1997 - AÑO XXVIII Vol. 93 V N.º 1	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet, nave 13 50013 Zaragoza

COMITÉ DE REDACCIÓN

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

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Beatriz Amorena Zalbaza
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
Gerardo Caja López
Antonio Felipe Mansergas
Emilio Manrique Persiva

El coste de ITEA en 1996 ha ascendido a 1.936.512 pesetas, que ha sido financiado por los ingresos habidos en concepto de suscripciones, venta de números sueltos y la aportación de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

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

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 1997 se publicarán los volúmenes 93A y 93V correspondientes a las series

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

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

RELACIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ITEA (PRODUCCIÓN VEGETAL) DURANTE 1996

AUTOR Y TÍTULO	Rev. n.º	Pág.
J.R. Aliaga Morell, R. Casanova López: *Características de la variedad-población de manzano denominado "Perellons" en la zona de cultivo valenciana*	92V-1	29
M.V. Andrés, E. Rodríguez Almazán, J.M. Durán: *Fecundación y viabilidad del pistillo en dos variedades de cerezo cultivadas en Calatayud (Zaragoza)*	92V-3	202
J.F. Ballester-Olmos, J. García de la Cuadra, J.A. Pina: *Sustratos con turba eutrófica para cultivo de cítricos en contenedor*	92V-3	244
G. Cartié Guijarro, C. Palazón Español, I. Delgado Izquierdo, J. Barriuso Vargas: *Influencia de los substratos y geles utilizados en la micorrización de Q. ilex L. por Tuber melanosporum Vitt.*	92V-2	64
T. Casero: *Aplicaciones de calcio en manzano*	92V-2	58
M.A. Cepeda Villegas, A. Castrejón Sanguino, B.L. Gómez Lucatero: *Efecto del potasio y tratamiento fungicida a la semilla de maíz sobre la podredumbre del tallo Gibberella moniliforme (Shell) Snyder y Hansen (Fusarium moniliforme) (Shell) Snyder y Hansen en maíz*	92V-3	197
F. Dicenta, J.E. García, R. Gella, P. Martínez-Gómez: *Resistencia al virus de la sharka: un carácter a mejorar en los albaricoqueros españoles*	92V-2	131
J.H. Esparza Martínez, P. Cano Ríos: *Efecto de la fecha de siembra sobre la coincidencia en floración de líneas progenitoras del híbrido de sorgo RB-4000 y su descripción varietal*	92V-3	214
C. Godoy Ávila: *Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (Carya illinoensis K) Cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días*	92V-2	49
J.I. Hormaza: *Marcadores de ADN aplicados a la mejora de frutales*	92V-1	5
M. Luis Arteaga, J.M.ª Álvarez Álvarez: *Virosis de la borraja. Susceptibilidad frente a virus en inoculación artificial*	92V-2	70
R. Mancilla y Díaz Infante: *Efecto de la fecha de poda, concentración y época de aplicación después de poda de cianamida hidrogenada en la protección de yemas de vid Cv. Málaga Roja*	92V-2	104
F. Martínez de Toda, J.C. Sancha: *Caracterización ampelográfica de cultivares de vid (Vitis vinifera L.) conocidos como "tintotera" en Rioja*	92V-3	188
A. Palomo Gil, S. Godoy Ávila, J. Santamaría Cesar: *Estabilidad del rendimiento de nueve genotipos de algodón en la comarca Lagunera, México*	92V-3	238

M. PASTOR, J. CASTRO:
Influencia de las técnicas de cultivo sobre el microclima en plantaciones de olivar 92V-2 81

J. RECASENS, F. RIBA, J. IZQUIERDO, R. FORN, A. TABERNER:
Gramíneas infestantes de los cereales de invierno de Cataluña..... 92V-2 116

M.C. SALINERO CORRAL, O. AGUÍN CASAL:
Comportamiento en plantación experimental de distintas variedades de Feijoa Sellowiana (Berg.)..... 92V-3 224

M. SÁNCHEZ, B. IRAIZOZ, J.M. GIL:
Análisis de las estrategias competitivas en la industria hortofrutícola de Aragón Navarra 92V-3 147

J. SINOBAS, I. MONTEAGUDO:
Análisis genético de un cruzamiento dialélico entre 9 poblaciones de maíz para los caracteres producción de grano contenido de proteína aceite y fibra..... 92V-1 17

M. TEJADA, J.A. ESPEJO, I.C. BENÍTEZ, J.L. GONZÁLEZ:
Influencia del tipo de turba empleado en la fabricación de un abono organomineral, sobre las características de un cultivo 92V-1 39

J.A. ZEGBE DOMÍNGUEZ, A.F. RUMAYOR RODRÍGUEZ:
Respuesta del rendimiento del duraznero [Prunus persica (L.) Batsch] criollo mexicano a la maleza y fertilización con NPK..... 92V-3 171

RELACIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ITEA (PRODUCCIÓN ANIMAL) DURANTE 1996

AUTOR Y TÍTULO	Rev. n.º	Pág.
J.M. ALFONSO LÓPEZ: *Programas de selección aplicados en peces*	92A-3	177
J. ALTARRIBA, A. GARCÍA-CORTÉS, C. MORENO, L. VARONA: *Situación y perspectivas de la mejora genética de la raza vacuna pirenaica*	92A-3	107
M. ANALLA, J.M. SERRADILLA: *Mejora genética del ovino segureño*	92A-3	57
B. AMORENA, M. PÉREZ, E. GRACIA, C. ROTA, R. BASELGA, I. ALBIZU, J.L. ALABART, J.M. HERNANDORENA, M.J. PASCUAL, J. OCÁRIZ, J. MARCO: *Evaluación de vacunas frente a las mastitis estafilocócicas del ganado vacuno lechero en condiciones de explotación comercial: Problemática encontrada*	92A-2	53
C. BARBA, J. DELGADO, A. MOLINA, M. VALERA, A. RODERO, M. LOBO, P. CABALLERO: *Mejora genética del podenco andaluz y del perro de agua español*	92A-3	197
J.L. CAMPO: *Aplicación práctica de programas de selección en aves*	92A-3	155
J. CAÑÓN, J.P. GUTIERREZ, S. DUNNER, P. GARCÍA-ATANCE, F. GOYACHE, A. VILLA, L. ALONSO: *Principales aspectos del programa de mejora genética de la raza asturiana de los valles*	92A-3	75
C. CASTELLANOS, C. BARRAGÁN, M.C. RODRÍGUEZ: *Utilización de RAPD para la detección de marcadores del cromosoma y en cerdos*	92A-3	188
L.F. DE LA FUENTE, E. MERINO, T. LÓPEZ, F. SAN PRIMITIVO.: *Problemática del programa de selección de la raza churra*	92A-3	31
J.V. DELGADO, A. MOLINA, F. BARAJAS, A. RODERO, C. ESTEBAN, M. VALERA: *Plan de mejora genética del Merino autóctono español*	92A-3	199
C. DÍEZ, Y. BAYÓN, F. SAN PRIMITIVO: *Secuencias microsatélites del cromosoma 6 y producción láctea ovina*	92A-3	204
M. ESPEJO, M. IZQUIERDO, D. ALBARDONEDO: *Programa de mejora genética de los ovinos precoces*	92A-3	203
J. ESTANY, D. BABOT, L. ALFONSO, J.L. NOGUERA: *Aplicación e implicaciones del modelo animal en porcino*	92A-3	173
M. FRESNO, J.F. CAPOTE, N. DARMANIN, S. MAYANS, A. MOLINA, J.V. DELGADO, M.E. CAMACHO, M. VALERA: *Optimización del plan de mejora de la Agrupación Caprina Canaria (A.C.C.)*	92A-3	201
R. FERRER, I. CASASÚS, M. PETIT: *Factores determinantes de la ingestión de forrajes por el vacuno*	92A-2	143
MC. G. GALINDO GONZÁLEZ: *Legibilidad y comprensión de publicaciones dirigidas a productores y extensionistas en Zacatecas, México*	92A-2	115
E.A. GÓMEZ, M.A. SANTACREU: *Mejora genética aplicada en el conejo de carne*	92A-3	142
M. JOY, F. MUÑOZ, X. ALIBÉS, J.D. ANDUEZA: *Influencia de la humedad y de la adición de ureasas sobre la eficacia del tratamiento de paja de cereal con urea*	92A-1	11
J.J. JURADO GARCÍA, M.ª J. ESPINOSA PASCUAL: *Problemática del desarrollo de un programa de mejora genética en prolificidad en la raza Rasa Aragonesa*	92A-3	44

I. Lorenzo, J.L. Alabart, J. Valderrábano:
Evolución de la concentración de progesterona plasmática y aparición de celos tras efecto macho en cabras de angora en anestro estacional 92A-1 3

G.A. María, J.A. Migueltorena:
Recuento de células somáticas en leche de vacas frisonas: Estudio estadístico de los factores ambientales de variación 92A-1 23

M.M. Marqués, C. Caelles, A. Muñoz, F. San Primitivo:
Estudio sobre el promotor del gen de la β-Caseína ovina 92A-3 185

A.M. Martínez, J.M. Gil, A. Gracia:
La demanda de alimentos en Aragón: Influencia de las variables sociodemográficas 92A-1 37

M.I. Miranda Castañón, C. Castillo Rodríguez, G. Santamarina Pernas, M. López Alonso, J. Hernández Bermúdez, J.L. Benedito Castellote:
Evaluación de los niveles de selenio en corderos de raza Gallega 92A-2 134

G. Núñez Hernández, F. González Castañeda, S. Martín del Campo Valle, J.J. Márquez Ortiz:
Respuesta de forraje y grano a la densidad de plantas en maíces con hojas extendidas y erectas 92A-2 126

C. Ovilo, C. Rodríguez:
Caracterización molecular en poblaciones porcinas de las razas landrace e ibérico mediante marcadores RAPDs 92A-3 187

M.D. Pérez-Guzmán, J.J. Jurado, M. Serrano, V. Montoro:
El programa de selección en la raza ovina manchega 92A-3 22

A. Rodero, J.V. Delgado, A. Molina, E. Rodero, M.E. Camacho, M. Valera:
Organización de la gestión de recursos genéticos animales 92A-3 191

A. Rodero, A. Molina:
Programa de selección del ganado vacuno de raza retinta 92A-3 92

A. Rodero, A. Molina, J. Delgado, M. Valera, C. Barba, M. Fresno, F. Barajas, J. Jiménez:
Líneas de mejora y conservación genética en la unidad de veterinaria del Departamento de Genética de la UCO 92A-3 189

A. Rodero, A. Molina, J.M. Jimenez, F. Álvarez, F. Delgado, J.V. Delgado, M. Valera, F. Salado, L.J. García, M. Espejo, J.M. Pastor, N. Tapia, E. Berlanga, P. Muñoz, C. Delgado:
Programa de mejora genética del vacuno del carne de raza Retinta 92A-3 193

A.A. Rodríguez Castañón, L.A. Alfageme Beovide:
Características técnico-económicas de los sistemas productivos de carne vacuna del Principado de Asturias 92A-3 77

T. Sáez Gutiérrez, M.C. Marca Andrés, M.C. Sanz Lorenzo, J.J. Ramos Antón:
La Neosporosis en animales domésticos 92A-2 67

A. Sánchez-Palma, J.M. Serradilla:
Programas de selección aplicados al ganado caprino 92A-3 117

L. Silió, J. Rodrigáñez, C. Rodríguez, M.A. Toro, J.M. García-Casco:
Mejora sin riesgos para el cerdo ibérico 92A-3 161

E. Ugarte, E. Urarte, J. Arranz, F. Arrese:
Programa de mejora genética y selección de las ovejas de raza latxa y carranzana en la comunidad autónoma Vasca y Navarra: problemas que presenta su aplicación práctica 92A-3 11

M. Valera, A. Molina, A. Rodero, J.L. Vega, P.P. Rodríguez, P. galán:
Estudio genético y plan de mejora de la estirpe cartujana del caballo de pura raza española (P.R.E.) 92A-3 195

M. Villalta Martín, J.L. Alabart Álvarez, J. Folch Pera:
Identificación del sexo a partir de muestras biológicas de diferente origen mediante amplificación selectiva de ADN y posterior análisis de RFLPs 92A-2 93

EDITORIAL

LAS PREDICCIONES Y SUBVENCIONES DE LA PAC

Las inversiones son de gran importancia para cualquier desarrollo empresarial. Las explotaciones agrarias no son una excepción y requieren una continua aportación de capital. Pero las inversiones se realizan en función de unas expectativas de beneficios económicos, que en la agricultura son más inciertas y difíciles de determinar a priori. Las explotaciones agrarias, sobre todo para los cultivos en secano, dependen enormemente de las condiciones climatológicas, en especial de las precipitaciones, así como también de otros accidentes meteorológicos. Esto añade incertidumbre y un menor control sobre los resultados finales, circunstancias que no tienen otros negocios empresariales. Los cambiantes precios de los mercados están añadiendo una mayor inestabilidad y juegan un papel muy distinto al ejercido hace algunos años.

En la última década, a medida que nuestro país se ha ido integrando en la estructura productiva de la Unión Europea, los agricultores han tenido que amoldarse a las vicisitudes y exigencias de la PAC, pero también a las condiciones de los mercados internacionales. En los últimos años, tanto la PAC como los mercados internacionales han sufrido unos cambios importantes.

La PAC ha estado en continua evolución desde sus comienzos. No es ilógico, puesto que cualquier política agraria en los países desarrollados está en un continuo proceso de transformación. La palabra reforma ha sido usada con demasiada ligereza. Lo que ocurre es que hay algún cambio más drástico que otros, que cambian la filosofía y orientación de medidas de políticas anteriores.

A partir de 1992 la PAC tiene un cambio importante en su orientación. Dos elementos impulsan fundamentalmente el cambio: el enorme esfuerzo financiero que la Unión Europea estaba realizando con la agricultura y las negociaciones del GATT. Por lo tanto, había condicionamientos internos y externos a la Unión Europea.

Un aspecto fundamental del cambio fue que las subvenciones se empezaron a contemplar de otra forma. No es que a partir de ese momento existieran subvenciones y antes no, sino que se gestionaban de otra manera. Anteriormente era a través de unos precios de mercados artificialmente altos que no tenían relación con los precios de los mercados internacionales. A partir del cambio ha sido fundamentalmente a través de ayudas directas a los agricultores. Sin embargo, con demasiada frecuencia, se mencionan las subvenciones actuales como si antes no hubieran existido, cuando en realidad la Unión Europea ha pretendido con el cambio de política, entre otros objetivos, el disminuir el nivel global de las subvenciones.

Pero cuando se realiza el cambio en la orientación política se hace teniendo en cuenta las subvenciones directas y los previsibles precios de los mercados internacionales. Las subven-

ciones, especificadas en ECUs, eran un complemento de los ingresos que iban a recibir los agricultores de acuerdo a las predicciones existentes para los mercados internacionales.

El difícil arte de predecir es el nexo común entre meteorólogos y economistas. A ambos colectivos se les exige constantemente este tipo de ejercicio y todos sabemos las constantes críticas que sufren. Afortunadamente otros colectivos profesiones no sienten esa presión en su ejercicio profesional. Además, los economistas tienen una dificultad añadida frente a los meteorólogos, y es que tienen que predecir conjuntamente sobre los comportamientos humanos y fenómenos físicos, que es mucho más complejo que los fenómenos físicos tomados aisladamente.

Las predicciones en 1992 eran que los precios internacionales iban a bajar, en tal medida, que las subvenciones directas iban a compensar tal bajada y que los ingresos de los agricultores no iban a tener grandes variaciones. Pero las predicciones fallaron y los precios internacionales han sido más altos que los previstos. En el caso español ha habido otro elemento trascendental, ya que las cotizaciones de las subvenciones estaban establecidas en Ecus y el cambio de Ecu a pesetas ha variado de tal forma que las subvenciones en pesetas han crecido enormemente. Por lo tanto, dos fenómenos inesperados han tenido como resultado una distorsión favorable para los agricultores.

Esta bonanza económica debería reflejarse en unas mayores inversiones económicas y una apuesta clara por la aplicación de nuevos procesos y tecnologías. Las ocasiones propicias, y ésta es una de ellas, no se pueden desaprovechar, así como tampoco se puede aducir que un incierto futuro es un freno para la inversión.

Pero qué se puede predecir para el futuro, ¿seguramente para volver a equivocarse? Pues, como siempre, que los empresarios agrarios eficientes seguirán alcanzando una buena rentabilidad de sus inversiones y que el proceso inversor es algo que no puede parar. Los aspectos medioambientales añadirán nuevas complejidades y su resolución favorable puede ser la mayor baza para competir con producciones que vengan de países de fuera de la Unión Europea.

Se insiste que las subvenciones desaparecerán o disminuirán sustancialmente después de la cercana adhesión de los Países del Este a la Unión Europea. Pero las subvenciones han existido durante años y, es posible, que tomen otros derroteros, como una posible renacionalización de los mismos y que no se apliquen de la misma forma en los distintos países de la Unión Europea. También es probable que las subvenciones estén más ligadas a medidas medioambientales.

Pero, qué osadía, pues predecir es apostar por equivocarse de nuevo. Es por ello que los meteorólogos gozan de toda mi simpatía.

Luis Miguel Albisu
Unidad de Economía Agraria
Servicio de Investigación Agroalimentaria
Diputación General de Aragón

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 1, 7-22

DIAGNÓSTICO VISUAL DE LA CLOROSIS FÉRRICA *

M. Sanz Encinas
L. Montañés García*

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

RESUMEN

La deficiencia de hierro o clorosis férrica puede considerarse como el desorden nutricional con más amplia difusión en el medio agrícola. La especial incidencia en el cultivo frutal hace que la prevención y tratamiento suponga un apartado muy significativo dentro de los gastos de cultivo. El diagnóstico temprano de la deficiencia es vital para la más pronta recuperación de la planta.

El diagnóstico visual, es decir la observación de la planta a simple vista, constituye un método rápido, económico y con un muy aceptable grado de fiabilidad para la identificación de la clorosis férrica. Para facilitar su aplicación a especies leñosas, en este trabajo se resumen los factores que con más frecuencia intervienen en el desencadenamiento de la enfermedad y se presenta una descripción actualizada de su sintomatología. Como apoyo para un diagnóstico más seguro se incluye una colección de fotografías originales en color, en las que puede observarse el desarrollo de la enfermedad en 25 especies leñosas diferentes: albaricoquero, algarrobo, almendro, avellano, cerezo, ciruelo, endrino, feijoa, frambueso, granado, higuera, kiwi, mandarino, manzano, melocotonero, membrillero, moral negro, naranjo, nashi, níspero, nogal, olivo, peral, vid y zarzamora.

SUMARY
VISUAL DIAGNOSIS OF IRON DEFICIENCY

Iron deficiency (iron chlorosis) is considered the most widespread nutritional disorder of plants. The particular susceptibility of fruit crops for this disease raises the costs of the cultural management owing the necesary remedial practices applied to impair its negative effects. Visual diagnosis (plant observation at naked eye) is a cheap, fast and reliable method for identifiying iron deficiency. As a previous information, in this paper was considered appropriate to summarize the most important factors and causes leading to iron deficiency. Later, an actualized description of the characteristic disease symtoms is reported. Finally, a set of original colour pictures is included as an example of visual diagnosis applied to 25 woody species: almond, apple, apricot, asian pear, blackmulberry, blackberry, blackthorn, carob, feijoa, fig, grapevine, hazel, kiwi, loquat, mandarin, olive, orange, peach, pear, plum, pomegranate, quince, redraspberry, sweet cherry, walnut.

* Trabajo financiado por los proyectos CA 11/86 y PCA 6/91 (CONAI - Diputación General de Aragón y AGRI 89-0502 (Plan Nacional de Investigación Agrícola).

Introducción

La corrección de cualquier anomalía que pueda observarse en un cultivo, tanto sea de origen patológico como funcional, exige como etapa previa imprescindible un adecuado diagnóstico. Sólo así podrán ponerse en marcha las oportunas medidas para la más pronta normalización de una situación irregular.

La deficiencia de hierro, también llamada clorosis férrica, es un desorden nutricional, ampliamente difundido en la naturaleza (MILLAN, 1980) que afecta prácticamente a todas las especies vegetales, herbáceas y leñosas, agrícolas y forestales, silvestres o cultivadas. No obstante, su mayor incidencia económica se hace notar en el cultivo frutal (HERRERO y ABADIA CONTE, 1962); de manera especial en el área mediterránea donde, entre otras, las condiciones de aridez, alcalinidad, texturas y estructuras de suelos pesados y la gran proporción de caliza, inducen con muchísima frecuencia el desencadenamiento de la citada deficiencia (DEMETRIADES *et al.,* 1964; MONTAÑES *et al.,* 1975).

Ante estas circunstancias la planta reacciona desarrollando unas alteraciones metabólicas derivadas de las propias funciones de los componentes afectados (HERAS, 1961; TERRY y ABADIA, 1986; VAL *et al.,* 1987; MONGE *et al.,* 1991) y poniendo de manifiesto una sintomatología típica, que serán de la máxima utilidad para emitir el correspondiente diagnóstico.

Estos síntomas pueden ser: anatómicos y funcionales (se reflejan en el crecimiento y en el desarrollo del árbol), de apariencia física (se reflejan fundamentalmente en el color de las hojas) y productivos (reducción de la calidad y/o cantidad de cosecha).

En consecuencia, los métodos para el diagnóstico de la deficiencia de hierro se basarán tanto en la detección de determinadas alteraciones químicas o bioquímicas, (diagnóstico químico) como en la observación "in vivo" de la sintomatología externa característica (diagnóstico visual). A éste vamos a concretarnos en el presente artículo.

En la cuenca del Ebro las 90.000 ha de regadío que, aproximadamente, están dedicadas al cultivo frutal, son potencialmente susceptibles a la clorosis férrica y de éllas en un 50% son necesarios o se practican ya tratamientos correctores o preventivos. Estos tratamientos se estima que pueden suponer un coste de unos 2.500 millones de pesetas anuales (SANZ *et al.,* 1992).

A pesar de los múltiples estudios realizados sobre la clorosis férrica, en nuestra opinión y en lo que respecta a su diagnosis, sigue siendo todavía vigente lo señalado por BROWN y JONES ya en 1976, quienes hacen hincapié en que el mejor indicador de la deficiencia de Fe, incluida su gravedad, es la intensidad con que la enfermedad se manifiesta (sintomatología externa), avalando así la utilidad del diagnóstico visual.

El objetivo del trabajo es la descripción actualizada de los factores desencadenantes y de los síntomas característicos de la clorosis férrica en los que debe basarse su diagnóstico visual. Como ejemplo de aplicación de esta descriptiva a especies leñosas, se presenta una colección de fotografías en las que se pone de manifiesto la diversidad de especies que, en el área mediterránea, pueden verse afectadas por la clorosis férrica. En las mismas se evidencia la variabilidad en la presentación de los síntomas entre las diferentes especies consideradas.

Material y método

El material vegetal clorótico ha sido observado y fotografiado en su medio de desarrollo (plantaciones frutales o en el medio natural). En todos los casos presentados se confirmó el diagnóstico visual de la deficiencia de Fe por alguno de los métodos descritos más adelante.

Las fotografías en color fueron realizadas con un equipo convencional (Olimpus AZ-11).

Resultados

1. *Factores desencadenantes de la clorosis férrica*

Como cualquier otra deficiencia mineral, la clorosis férrica puede tipificarse en: directa o primaria e indirecta o inducida. La primera se desencadena cuando en el sustrato nutritivo no existe suficiente hierro para atender las necesidades de la planta; es la menos frecuente y, como es obvio, su corrección se conseguirá en cuanto la planta pueda disponer para su absorción de la adecuada cantidad de nutriente. La clorosis férrica inducida es la habitual y se hace patente cuando, aun existiendo en el suelo en cantidades suficientes para atender la demanda del cultivo, alguna circunstancia impide que el hierro pueda ser utilizado por la planta.

Como apoyo al diagnóstico de la deficiencia de Fe es importante conocer las causas desencadenantes ya que, su coexistencia con una sintomatología dudosa, puede permitir trasformar la sospecha en un diagnóstico seguro; siempre que nos encontremos con algunas de estas condiciones es manifiesto el riesgo de clorosis férrica.

Habitualmente, las causas de la clorosis férrica no se presentan de forma aislada sino que suelen coincidir varias de éllas, actuando sinérgicamente y en sentido negativo (p.ej. suelo rico en caliza y pobre en materia orgánica). Por el contrario, cuando alguna de estas circunstancias es favorable, puede actuar como agente paliativo sobre los efectos negativos de otra u otras (p.ej. buen nivel y buenas características de la materia orgánica en un suelo muy calizo).

Esas causas desencadenantes de la clorosis de hierro inducida (KABATA-PENDIAS y PENDIAS 1984; BERGMANN 1992b) pueden residir en el suelo, en la planta, en las condiciones medioambientales y en el manejo cultural. Obviamente, estos grupos de factores suelen, la mayoría de las veces, estar interrelacionados.

Factores dependientes del suelo:

* Suelos con muy bajo contenido de Fe (p.ej. muy arenosos).

* pH alcalino (la asimilabilidad y difusión del Fe son muy escasas a pH por encima de 6-7).

* Elevados contenidos de carbonatos de calcio y de magnesio.

* Suelos muy arcillosos (inhibido el crecimiento de la raíz y por tanto la toma de Fe).

* Suelos minerales excesivamente ácidos (condiciones en las que es muy baja la posibilidad de toma o asimilación del Fe).

* Subsuelos encharcados (capa freática alta).

* Suelos con muy bajo contenido de materia orgánica (escaso contenido de complejos húmicos de Fe solubles).

* Suelos con exceso de materia orgánica (demasiado Fe acomplejado con compuestos húmicos poco solubles).

* Suelos con marcado desequilibrio catiónico, cuando los contenidos absolutos o relativos de Fe son bajos.

* Suelos excesivamente ricos en sustancias acomplejantes naturales.

* Suelos de textura y estructura compactas.

Factores dependientes de la planta:

* Especies y variedades poco eficientes para el hierro. El orden de susceptibilidad (más a menos) entre las especies frutales puede estimarse en el siguiente: melocotonero > peral > groselleros negro y rojo > ciruelo > membrillero > albaricoquero > cerezo > manzano.

* Portainjertos en frutales y vid.

* Procesos de traslocación del Fe inhibidos.

* Movilidad de los iones Fe^{2+} disminuida (no llega al tejido intervenal).

* Excesivo desarrollo de brotes o muy altas cosechas (insuficiente traslocación de Fe para atender la gran demanda).

Factores dependientes de las condiciones medioambientales.

* Acumulación de iones bicarbonato (se interrumpe el metabolismo radicular).

* Suelos encharcados o enfangados.

* Altos niveles de CO_2 en la atmósfera del suelo (exceso de materia orgánica fácilmente descomponible).

* Altos niveles en suelos de metales pesados, como níquel, cromo, cobalto, zinc, cobre y manganeso (inhiben la toma, traslocación y utilización del Fe).

* Temperaturas extremas (golpes de calor o de frío).

* Exceso de luz (sobre todo en especies marcadamente fotosensibles).

* Enfermedades o plagas (algunas virosis fundamentalmente).

Factores dependientes de las prácticas culturales:

* Abonado nitrogenado excesivo (puede provocar un enriquecimiento no deseable de la planta en nitratos o bien, algunos tipos de fertilizantes, una alcalinización del medio).

* Exceso de abonado fosfatado, sobre todo sí se repite a lo largo de varios años, (los iones fosfato inmovilizan el Fe e inhiben su traslocación).

* Uso abusivo de maquinaria pesada (compactación).

* Deficiente manejo del riego (tanto por exceso como por defecto).

* Excesivo aporte de azufre.

* Excesivo uso de enmendantes orgánicos fácilmente mineralizables.

2. *Diagnóstico visual de la clorosis férrica*

La gran ventaja del diagnóstico visual es su rapidez y en consecuencia, siempre que el técnico que lo realice tenga una mediana experiencia, se podrán de inmediato aplicar, en su caso, las adecuadas medidas correctoras.

Es importante el diagnóstico precoz de la deficiencia de Fe, ya que la eficacia de las medidas correctoras es mucho mayor en casos de clorosis media o moderada, cuando las hojas no están todavía completamente desarrolladas. De cualquier forma, los tratamientos deben repetirse a lo largo del ciclo debido a la lentitud con que el Fe es trasferi-

do de las hojas tratadas a las que se desarrollan con posterioridad.

La deficiencia de Fe primero aparece en las hojas jóvenes, precisamente por esta poca movilidad del nutriente. El Fe absorbido se transfiere continuamente a los órganos de crecimiento, por eso responden antes y mejor a los tratamientos las hojas jóvenes que las maduras y la recuperación de los árboles se observa primeramente en los extremos de los brotes.

La aplicación del diagnóstico visual también presenta algunos inconvenientes como son, en el caso de la deficiencia de Fe; i) pueden darse deficiencias ocultas o muy ligeras, en las que la sintomatología es nada o poco aparente y por ello difícil de observar (especialmente en plantaciones viejas o que han franqueado); ii) la clorosis puede estar siendo causada por algunos agentes patógenos (insectos y virus) que habrán de ser identificados; iii) la deficiencia de Fe puede ir acompañada por la falta de algún otro nutriente (p.ej. manganeso) y entonces la sintomatología ser confusa por mezcla o solapamiento de síntomas.

Como es obvio, este método se basa en la observación directa en campo de los síntomas que la deficiencia de hierro provoca en la planta. Esta sintomatología es consecuencia de un conjunto de alteraciones metabólicas y funcionales que se reflejan, de manera especial, en una disminución de la concentración de clorofila en hoja (ABADÍA CONTE, 1956) y la consecuente aparición de clorosis.

Esta pérdida de clorofila, en caso de clorosis férrica, puede ser parcialmente compensada por una mayor eficacia fotosintética de la clorofila residual; por ello las hojas cloróticas por una deficiencia media o moderada no llegan a necrosarse y pueden permanecer vivas durante todo el verano. Es así frecuente ver plantaciones frutales que, aun con síntomas manifiestos de clorosis todos los años, mantienen buenos niveles de cosecha durante prácticamente todo su ciclo productivo (15 o 20 años).

Las alteraciones inherentes a la aparición de una deficiencia de hierro quedan reflejadas en determinados componentes (HERAS, 1960; ABADIA *et al.*, 1985), cuya modificación podría servir también de criterio diagnóstico. Así, el contenido foliar de K es más alto de lo normal y el de Ca más bajo (por tanto la relación K:Ca será más alta); lo mismo ocurre con la relación P:Fe; la relación peroxidasa:catalasa es baja; la concentración de aminoácidos libres elevada; se reduce la toma de nitratos; aumenta la concentración de ácido cítrico y disminuye la de málico (consecuentemente aumenta el valor de la relación entre ambos); se altera el equilibrio ácido de la planta; se elevan los azúcares reductores; aunque el contenido de Fe total en relación con la deficiencia, como ya se ha dicho, no siempre está relacionado con aquella, parece ser que su valor diagnóstico es más seguro si el contenido se expresa sobre materia fresca o sobre unidad de superficie foliar; en muchos casos el contenido de Fe activo (soluble en HCl) parece ser un buen medio diagnóstico (más bajo en deficiencia) y aunque suele estar poco correlacionado con el Fe total tiende a mantener una aceptable correlación con la relación P:Fe.

Como se aprecia en las fotografías que se incluyen en el presente trabajo, la clorosis férrica ha podido ser observada en prácticamente todas las especies leñosas, si bien en algunas ofrece particularidades en su sintomatología que será conveniente resaltar, a fin de que para éstas también pueda emitirse un diagnóstico seguro. Por su importancia y especial incidencia en las especies frutales

cultivadas en el área mediterránea, haremos luego referencia a algunas de éllas.

En general, la clorosis férrica comienza a manifestarse en las hojas más jóvenes de los brotes, con un amarilleamiento intervenal que va aumentando conforme la deficiencia avanza; al mismo tiempo, este típico síntoma (tejido foliar amarillento, nervios verdes) puede ir apareciendo en las hojas más viejas, situadas en la zona basal del brote. Ante los ojos del observador las hojas afectadas aparecen como un entramado verde sobre fondo amarillo. En estado todavía más avanzado, la totalidad de la masa foliar adquiere un color blanco-amarillento. En casos más graves, aparece necrosis en los bordes de las hojas que pueden acabar invadiéndolas totalmente, lo que provocará una defoliación abundante (acompañada en casos límite por caída de frutos).

En el melocotonero, especialmente sensible, es muy característica la relativamente temprana defoliación de la zona apical de los brotes del año. En el peral es muy frecuente que la clorosis férrica se manifieste con una sintomatología que podríamos considerar atípica: el amarilleamiento foliar, en sus sucesivas graduaciones, se desarrolla de manera general sobre toda la hoja; es decir, tanto lámina como nervios sufren simultaneamente la pérdida del color verde. Las fases avanzadas y terminales del desorden siguen, sin embargo, la secuencia general descrita. En otros casos todo el desarrollo de la enfermedad sigue su proceso característico.

Pero además, la deficiencia de hierro va acompañada de otros síntomas que si bien son comunes a muchos desórdenes nutricionales, no deben soslayarse a la hora de emitir un diagnóstico: significativa reducción del tamaño de brotes, hojas más pequeñas, acortamiento de espacios internudos. Es decir, la sintomatología que suele acompañar a toda restricción del crecimiento vegetativo, cualquiera que sea la causa.

El diagnóstico visual, en general y también en el caso de la deficiencia de hierro, es el método más sencillo, rápido y barato. Sin embargo, su éxito está muy ligado a la experiencia del experto que lo aplique. Aunque la información gráfica que aportan obras como las editadas por CHAPMAN (1966), DE CORMIS *et al.* (1978), SCAIFE y TURNER (1983), WINSOR y ADAMS (1987), BERGMANN (1992a), puede ser de gran ayuda, especialmente para principiantes, su utilidad práctica queda limitada al examen de material vegetal en el laboratorio. El diagnóstico visual en campo requiere una buena dosis de entrenamiento.

Aunque realizado por un experto, el diagnóstico visual de la deficiencia de hierro es lo suficientemente seguro, puede ser aconsejable su confirmación en determinados casos (especialmente cuando se trata de una toma de decisiones en plantaciones o áreas de cultivo importantes), antes de definir las oportunas medidas correctoras. Esto se consigue haciendo llegar hierro en solución a las hojas afectadas, de la forma más rápida posible; en el caso de que la clorosis esté siendo causada por una deficiencia de este microelemento, se pondrá en evidencia una progresiva recuperación (enverdecimiento) de las hojas afectadas.

Este método para la confirmación del diagnóstico visual, en cualquiera de sus cuatro variantes, se aplica directamente sobre las hojas situadas en el árbol, utilizando una mezcla (volumen a volumen) de dos soluciones: sulfato ferroso al 0,025% y ácido sulfúrico al 0,025%. (Solución de diagnóstico).

a. Método de aspersión

Consiste en aplicar la solución de diagnóstico sobre un brote afectado, utilizando

un sencillo aspersor manual. Al cabo de una semana aproximadamente, se iniciará la recuperación de la clorosis, en el caso de que éste inducida por la falta de Fe; en contraste, el resto de las ramas del árbol afectadas, se mantendrán en el mismo grado de clorosis o incluso este será más avanzado. Según lo indicado por KATYAL y RANDHAWA (1983) también pueden aplicarse como soluciones para el diagnóstico, las utilizadas para el tratamiento de la deficiencia de Fe (p.ej. solución acuosa de sulfato ferroso al 1%).

b. Método de impregnación

Dos o tres hojas cloróticas son impregnadas, sólo en una de sus dos mitades, con un algodón (o un bastoncillo de los utilizados para la limpieza de los oídos) empapado en la solución de diagnóstico. Si la causa de la clorosis es la falta de hierro, a partir de 3 ó 4 días podrá observarse el enverdecimiento de la mitad tratada de las hojas.

c. Método de aplicación intervenal

Entre dos nervios secundarios de una hoja clorótica se practica una incisión, paralela a los mismos, de unos 5 mm de longitud, a través de la cual y por el envés de la hoja, se hace pasar una tirita de papel de filtro de la misma anchura, uno de cuyos extremos queda introducido en la solución de diagnóstico.

El dispositivo necesario para la aplicación en campo de este método se prepara de la siguiente forma.

Tiras de papel de filtro: de 55 mm de longitud y 5 de anchura, con uno de sus extremos cortado en bisel y parafinado.

Miniviales de plástico: De 5 mm aproximadamente de diámetro y 20 mm de longitud. Pueden prepararse a partir de las "pajas" utilizadas para la toma de refrescos.

La tira de papel se introduce por su parte recta en el interior del vial cuyo extremo inferior se cierra con una gota de pegamento rápido. Con ello se logra además que la tira quede sujeta al mismo.

Es conveniente tener siempre en el laboratorio varias unidades de este dispositivo preparadas para el momento de su aplicación. Entonces será cuando, con la ayuda de un cuentagotas, se llena el vial con la solución de diagnóstico y se cierra su extremo superior con parafina. Se introduce la tira de papel desde el envés y por su extremo cortado en bisel, a través de la incisión previamente practicada en la hoja y hasta que el tubo contacte con el envés de la misma. La solución de diagnóstico pasa a la hoja a través del papel filtro que la va absorbiendo, al hallarse éste en contacto con la incisión. Si la clorosis está provocada por una deficiencia de Fe, a los 3-4 días podrá apreciarse un enverdecimiento progresivo a partir de la incisión. No obstante y aunque a veces se observan respuestas muy rápidas éstas pueden tardar más puesto que siempre la respuesta depende de muchos factores: especie, estado del árbol, condiciones climatológicas etc.

d. Método de aplicación peciolar

En este caso la solución de diagnóstico se hace llegar a la planta a través del peciolo de una hoja a la que se ha eliminado el tejido laminar, dejando sólo el peciolo y el nervio central. Esta operación se suele efectuar sobre las hojas 4.ª, 5.ª o 6.ª de un brote clorótico.

El peciolo liberado se introduce en un vial de vidrio preparado al efecto (ver más adelante) en el que se deposita la solución de hierro. Ésta, por absorción a través del peciolo, pasará a las hojas de la zona próxima y, si la causa de la clorosis es una deficiencia de hierro, entre los 3 y los 14

días podrá apreciarse un progresivo enverdecimiento de aquellas. También aquí la velocidad de respuesta depende de las circunstancias indicadas en la prueba anterior.

Para realizar esta prueba se pueden utilizar pequeños tubos de ensayo (vidrio o plástico), de unos 2 ml de capacidad y entre 5 y 7 mm de diámetro. Una vez llenos de solución de hierro, se introduce en los mismos el peciolo, liberado de la lámina foliar. Mediante cinta adhesiva se une al tubo un trozo de alambre, de unos 10-12 cm de longitud, con su extremo inferior doblado para mayor seguridad. El alambre, enrollándolo a la rama, se utiliza para mantener sujeto el tubo mientras se realiza la prueba. También es conveniente tener preparados previamente estos tubos en el laboratorio, para ser utilizados en el momento preciso.

Habitualmente, y según se ha indicado, para realizar esta prueba se utiliza el peciolo y nervio central de la 4.ª, 5.ª ó 6.ª hoja completamente madura, de un brote clorótico. Sin embargo, para poder seleccionar la hoja más idónea en cada caso y conocer la distribución que seguirá en la rama la solución de hierro tras ser absorbida por el peciolo, puede recurrirse a la siguiente prueba previa:

Varios tubos, como los indicados, se llenan con una solución de fucsina ácida al 1% y se colocan de la forma expuesta en varias ramas del árbol y en hojas diferentes (p.ej. 4.ª, 5.ª y 6.ª). A las dos horas se apreciará cómo se distribuye en la rama el colorante rojo y podremos así aplicar la solución de Fe en la posición más adecuada para un diagnóstico más claro y seguro. Es lógico suponer que la solución de hierro seguirá idéntica pauta en su distribución sobre la rama que la solución colorante.

El método de la aplicación peciolar para el diagnóstico de la deficiencia de hierro está especialmente indicado para membrillero y melocotonero; para el resto de frutales pueden utilizarse indistintamente la aplicación peciolar y la intervenal (ABADÍA CONTE, 1952; HERAS, 1968)

En cualquier caso, la respuesta suele observarse entre los dos y siete días desde la aplicación de la solución de diagnóstico, aunque como ya hemos indicado este plazo de respuesta depende de muchos factores.

Para reflejar, aunque sea de manera subjetiva, los grados de incidencia de la clorosis férrica en un árbol o en una plantación, puede recurrirse a la siguiente escala interpretativa:

– Grado 0: Sin síntomas

– Grado 1: Síntomas incipientes. Clorosis intervenal muy ligera en algún brote (hojas apicales).

– Grado 2: Síntomas incipientes de clorosis generalizados en las hojas jóvenes (amarilleamiento intervenal).

– Grado 3: Síntomas de clorosis intervenal afectando tanto a hojas jóvenes como a hojas maduras.

– Grado 4: Árbol con las hojas jóvenes de color blanco amarillento y con algunas zonas necróticas. El resto de las hojas, de color verde-amarillento.

– Grado 5: Árbol con los brotes de crecimiento defoliados y muertos. Todas las hojas de color blanco amarillento y con zonas necróticas.

Cuando exista duda acerca de la inclusión de un problema entre dos grupos contiguos, puede recurrirse a una expresión decimal (p.ej. 1,5 si la duda se da entre los grados 1 y 2) o bien a una notación doble, es decir los dos grados separados por una barra diagonal (1/2 en el caso del ejemplo).

Este sistema de evaluación es habitualmente utilizado desde hace tiempo en nuestro trabajo de campo (HERAS *et al.*, 1976) con magníficos resultados, de forma que:

1. Cuando la diagnosis es realizada por personal medianamente experimentado, la coincidencia en el grado asignado a una determinada observación es prácticamente del 100%.

2. Existe una gran concordancia (datos no publicados) entre el grado de clorosis asignado mediante el diagnóstico visual y algunos de los parámetros bioquímicos, como la concentración de clorofila en hoja, habitualmente correlacionados con el grado de incidencia de la deficiencia de Fe.

A modo de conclusión podemos afirmar que el diagnóstico visual de la deficiencia de hierro y las normas para su evaluación proporcionan una metodología muy válida para el reconocimiento de la incidencia y gravedad del desorden nutricional, tanto en una plantación frutal como en áreas más amplias de cultivo.



Método de aplicación intervenal para confirmar el diagnóstico visual de la clorosis férrica.
Interveinal injection method to confirm the visual symptoms of iron chlorosis



Método de aplicación peciolar para confirmar el diagnóstico visual de la clorosis férrica.
Leaf-stalk injection method to confirm the visual symptoms of iron chlorosis



Deficiencia de Fe en albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.). Iron deficiency in apricot tree



Deficiencia de Fe en algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). Iron deficiency in carob tree



Deficiencia de Fe en almendro (*Prunus dulcis* Mill.). Iron deficiency in almond tree



Deficiencia de Fe en avellano (*Corylus avellana* L.). Iron deficiency in hazel tree



Deficiencia de Fe en cerezo (*Prunus avium* L.) Iron deficiency in sweet cherry tree



Deficiencia de Fe en ciruelo (*Prunus domestica* L.) Iron deficiency in plum tree



Deficiencia de Fe en endrino (*Prunus spinosa* L.) Iron deficiency in blackthorn



Deficiencia de Fe en feijoa (*Feijoa sellowiana*, Berg) Iron deficiency in feijoa



Deficiencia de Fe en frambueso
(*Rubus idaeus* L.)
Iron deficiency in redraspberry



Deficiencia de Fe en kiwi [*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang et A. R. Ferguson] Iron deficiency in kiwi tree



Deficiencia de Fe en higuera (*Ficus carica* L.)
Iron deficiency in fig tree



Deficiencia de Fe en granado (*Punica granatum* L.)
Iron deficiency in pomegranate busch



Deficiencia de Fe en mandarino (*Citrus reticulada* Blanco) Iron deficiency in mandarin tree



Deficiencia de Fe en melocotonero (*Prunus persica* L., Batsch) Iron deficiency in peach tree



Deficiencia de Fe en manzano (*Malus pumila* Mill) Iron deficiency in apple tree



Deficiencia de Fe en membrillero (*Cidonia oblonga* Mill) Iron deficiency in quince tree



Deficiencia de Fe en moral negro (*Morus nigra* L.) Iron deficiency in blackmulberry



Deficiencia de Fe en naranjo (*Citrus sinensis* L., Osbeck) Iron deficiency in orange tree



Deficiencia de Fe en níspero japonés [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lind.] Iron deficiency in loquat



Deficiencia de Fe en nashi (*Pyrus serotina* Rehder) Iron deficiency in asian pear



Deficiencia de Fe en nogal (*Juglans regia* L.)
Iron deficiency in walnut tree



Deficiencia de Fe en olivo (*Olea europaea* L.)
Iron deficiency in olive tree



Deficiencia de Fe en peral (*Pyrus communis* L.)
Iron deficiency in pear tree



Deficiencia de Fe en vid (*Vitis vinifera* L.)
Iron deficiency in grapevine



Deficiencia de Fe en zarzamora (*Rubus fruticosus* L.)Iron deficiency in blackberry

Bibliografía

ABADÍA CONTE, A. 1952. Deficiencia inducida de hierro en frutales. Actas VI Congr. Int. Patología comparada. Madrid pp. 147-156.

ABADÍA CONTE, A.1956. La formación de clorofila en casos de deficiencia inducida de hierro. An. Aula Dei 4(3-4):212-261.

ABADÍA J.; HERAS, L.; HISHIO, J.N.; MONGE, E.; MONTAÑES, L. 1985. Mineral composition of peach leaves affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr. 8:697-707.

BERGMANN, W. 1992a. Colour Atlas. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer. Jena (Alemania) 186 pp.

BERGMAMN. W. 1992b. Nutritional Disorders of Plants. Iron. Gustav Fischer. Jena (Alemania) pp. 223-247.

BROWN, J.C.; JONES, W.E. 1976. A technique to determine iron efficiency in plants. J. Soil Sci. Soc. Amer. 40:398-405.

CHAPMAN, H.D. 1966. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Univ. California. Div. Agric. Sci. 793 pp.

DE CORMIS, L.; HUGUET, C.; HUGUET, J.C.; TROCHE, S. 1978. Carences et toxicités chez les Arbres Fruitiers INRA. Paris 40 pp.

DEMETRIADES, S.D.; GAVALAS, N.A.; PAPADOPOULOS, S.E. 1964. Trials for the control of lime induced chlorosis in fruit trees in Greece. I Preliminary observations in peach and lemon trees. An. Instit. Phytopat. Benake 7(1):28-36.

HERAS, L. 1960. Polifenoles en casos de deficiencia inducida de Fe. An. Aula Dei 5(3-4):164-169.

HERAS, L. 1961. Potencial de oxidoreducción en clorosis férrica inducida. An. Aula Dei 6(3-4):136-165.

HERAS, L. 1968. Clorosis férrica. 2 Métodos de diagnóstico. Cogullada 28:4-7.

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

HERRERO, J.; ABADÍA CONTE, A. 1962. Comportamiento de árboles frutales en suelos calizos. An. Aula Dei 7(1-2):35-55.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. 1984. Trace Elements in Soils and Plants. Iron. CRC Press Boca Raton (Florida USA) pp. 233-238.

KATYAL, J.C.; RANDAWA, N.S. 1983. Micronutrients. FAO Fert. and Plant Nutr. Bull. 7; 26 pp.

MILLAN, E. 1980. Influencia del suelo en los procesos de fijación y liberación de hierro. An. Aula Dei 15(1-2):78-125.

MONGE, E.; MONTAÑES, L.; VAL, J.; HERAS, L. 1991. El hierro modulador de la estructura y función del cloroplasto. En: Fijación y Movilización de Nutrientes. I Fotosíntesis : Aspectos fisiológicos y de estrés, Lopez Gorgé, J. ed. Nuevas Tendencias. CSIC. Madrid pp. 85-108.

MONTAÑES, L.; SANZ, M.; HERAS, L. 1975. Fertilidad actual de los suelos dedicados a frutales en regadío 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(10):1971-1981.

SCAIFE, A.; TURNER, M. 1983. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. 2 Vegetables. MAFF/ARC. London. 232 pp.

TERRY, N.; ABADÍA, J. 1986. Function of iron in chloroplasts. J. Plant Nutr. 9(3-7):609-647.

VAL, J.; MONGE, E.; ABADÍA, J.; HERAS, L. 1987. Changes in photosinthetic pigment composition in higher plants as affected by iron nutrition status. J. Plant Nutr. 10(9-16):995-1001.

WINSOR, G.; ADAMS, P. 1987 Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. 3 Glashouse Crops. MAFF /ARC. London. 168pp.

(Aceptado para publicación el 4 de diciembre de 1996)

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 1, 23-32

EVALUACIÓN DE MODELOS PREDICTIVOS DE PÉRDIDAS CAUSADAS POR AVENA LOCA (*Avena sterilis* L. *subsp. ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) EN EL CULTIVO DEL TRIGO EN ARAGÓN

J. Aibar
C. Zaragoza*

Escuela Universitaria Politécnica de Huesca
Ctra. Zaragoza, km 67. 22071 Huesca

* Servicio de Investigación Agraria
Diputación General de Aragón
Apartado 727. 50080 Zaragoza

RESUMEN

Dada la gravedad de los daños causados por la avena loca (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) en Aragón, se han evaluado los principales modelos de predicción de pérdidas, debidas a la competencia entre trigo y avena loca en regadío. Los datos proceden de un ensayo realizado durante 7 años consecutivos. Los modelos que mejor se han adaptado a estas condiciones son los de tipo logístico, aunque otros, más sencillos, también se comportan bien en determinados intervalos de infestación. En este trabajo se comentan las ventajas y desventajas de su uso y su eficacia al reflejar el fenómeno de la competencia con distintas densidades de avena loca.

Palabras clave: Modelos, Competencia, Malas hierbas, Cereales, Interferencia.

SUMMARY
EVALUATION OF WILD OAT YIELD LOSS PREDICTION MODELS

Due to the importance of wild oat (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) damage in Aragon (NorthEastern Spain) the main yield loss prediction models has been evaluated on irrigated wheat crops. Data were taken from a seven years trial field. Logistic models were best adapted to these conditions while simple models predicted satisfactorily only in particular infestation levels. The models efficacy showing the competition at different wild oats densities and other advantages or drawbacks are described on this paper.

Key words: Models, Interference, Competition, Cereals, Weeds.

Introducción

Las avenas locas son unas de las gramíneas arvenses que mayores pérdidas económicas ocasionan en los cultivos cerealistas de Aragón, al igual que en el resto de España (García Baudin, 1992). El problema se acentúa en las zonas de regadío, con ciertas restricciones de agua en la época estival, lo que suele impedir una adecuada rotación con cultivos de verano, y en las zonas de secano subhúmedo, con una adecuada precipitación, en las que se cultiva cereal de invierno año tras año.

La superficie destinada al cultivo del trigo en 1992 en Aragón fue de 252.000 ha con una producción de 420.000 t valoradas en más de 12.000 millones de pesetas, lo cual representó el 5,7% de la PFA aragonesa (DAGM, 1992). De esta superficie el grupo de las avenas locas (*Avena sterilis* L. subsp. *ludoviciana* Dur (Nym) y *Avena fatua* L.) infestó más de 30.000 has, lo que supone más del 12% de la superficie dedicada a trigo, ocasionando unas pérdidas estimadas en más de 18.000 t de este cereal. (AIBAR, 1990).

Una vez constatados los daños por competencia con el cultivo causados por la avena loca, a los que habría que añadir la inversión realizada en tratamientos herbicidas, es necesario establecer un nexo de unión entre esta realidad y la que plantea la agricultura extensiva en estos momentos, con graves problemas económicos debidos a la aplicación de la PAC.

El uso de herbicidas, como método más rápido y eficaz de control de la avena loca, es preciso enmarcarlo dentro del concepto de empleo racional de productos fitosanitarios, en el que además de tener en cuenta el momento de la aplicación (COSTA, 1990) es necesario considerar la rentabilidad de esta, para lo cual resulta útil el empleo de umbrales económicos de tratamiento (COUSENS *et al.*, 1985).

El empleo de umbrales en la lucha contra las malas hierbas ha sido ampliamente comentado por AULD y TISDELL (1986), CUSSANS *et al.* (1986 y 1990); MARTÍN y PANELL (1990), y STREIBIG *et al.* (1990). Con ellos se pretende ayudar al agricultor a la toma de decisiones respecto a la forma y medios a emplear en el control de malas hierbas.

La estimación de estos umbrales ha sido contemplada desde dos puntos de vista, uno mecanicista, que intenta modelizar todo el proceso de crecimiento de la planta cultivada, incluido el posible efecto depresor ocasionado por la competencia con las malas hierbas (KROPFF, 1988; LOTZ *et al.*, 1990) y otro más sencillo, de tipo determinista, que intenta describir el proceso de competencia en función de un reducido número de variables (COUSENS *et al.*, 1985).

En la actualidad, con los datos disponibles, la aplicación de modelos de pérdidas sencillos con un reducido número de variables, tiene cierta aplicación práctica para la posterior estimación de umbrales de tratamiento (COUSENS, 1987; STREIBIG *et al.*, 1990).

Las referencias de modelos que relacionan la densidad de las malas hierbas con las pérdidas de rendimiento son muy abundantes en la bibliografía. Así, COUSENS (1985a) recoge 18 modelos distintos, sin incluir los más sencillos, de forma lineal, propuestos por otros autores (MADEIRA *et al.*, 1984; SKORDA *et al.*, 1985).

Los modelos en los que, además de la densidad de avena loca, se incluye la del cereal, son también muy numerosos (COUSENS, 1985b), estudiándose en el presente trabajo los propuestos por CARLSON *et al.* (1981, 1985).

A pesar de la abundancia de modelos empíricos propuestos, rara vez se han comparado todos ellos, y aún menos para condiciones españolas, siendo necesario validar los más favorables en distintas áreas geográficas para conseguir un modelo general de competencia entre el rendimiento de trigo de invierno y la densidad de avena loca (GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, 1993).

En este trabajo se han contrastado, con datos de campo, en condiciones de regadío y para varias campañas, algunos de los prin-

cipales modelos de tipo determinista, contemplando únicamente las variables de pérdidas de producción y densidad de avena loca, empleando para su estudio las técnicas de regresión.

Se ha descrito el comportamiento, desde el punto de vista matemático de cada uno de los modelos, justificando la aproximación a lo que ocure en la realidad en cada caso, tras lo cual se comprueba la bondad y el posible uso, en las condiciones del ensayo, para el cálculo de umbrales económicos de tratamiento, de algunos de los modelos estudiados.

Material y métodos

Los ensayos se realizaron en la finca de la Escuela de Capacitación Agraria de Movera (Zaragoza), sobre un suelo franco arcilloso de pH 7,8 , con un contenido en M.O. del 1,5% y en un campo en régimen de regadío. La parcela estaba infestada por avena loca con una mezcla del 80% de *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* y 20% de *Avena fatua*. La densidad de esta infestación era elevada y homogénea dentro de la parcela de ensayo.

El ensayo se realizó durante 7 años consecutivos, en las campañas de 1980 a 1987, empleando como cultivo la variedad de trigo blando "Astral", sembrado en la primera quincena de noviembre a una dosis de 150 kg/ha. El número de riegos fue muy variable de un año a otro, dependiendo del régimen de precipitaciones, siendo la práctica más habitual efectuar dos riegos, uno la segunda quincena de enero y otro en la primera de abril. El abonado fue similar para todos los años, con un aporte de fondo de 380 kg/ha de 8-24-8 y una aplicación en cobertera de 220 kg/ha de nitrato amónico con una riqueza del 33,5%.

Con el fin de obtener una relación entre la producción y la densidad de infestación por avena loca, se recurrió al estudio de la competencia, basado en la modificación de las poblaciones naturales (POOLE y GILL, 1987; FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDÚJAR, 1988), para lo cual se procedió a la aplicación de herbicidas selectivos para el cereal, y con diverso grado de eficacia frente a la avena loca lo cual, unido a parcelas no tratadas, proporcionó una gran diversidad en cuanto a la densidad de avena loca. El método elegido para realizar el estudio de las relaciones entre cosecha y densidad de malas hierbas ha sido el de técnicas de regresión.

El diseño experimental, similar en todos los años, fue en bloques al azar, con 4 repeticiones y bandas testigo adyacentes, siendo la superficie de las parcelas de 30 (2 x 15) m^2. Todos los tratamientos herbicidas se realizaron con el cereal entre 3 hojas e inicio de ahijado (estado 13-20 de Zadocks), excepto los tratamientos con isoflamprop que se aplicaron con el cultivo en estado 30 (inicio del encañado). Para estimar la densidad de avena loca se procedió a la tirada al azar, en cada parcela, de dos aros de 0,1 m^2, contando el número de panículas existentes. En el caso de las parcelas no tratadas, únicamente se realizó la tirada de un aro. En los años 1985-86 y 1986-87 se realizó el conteo de panículas de avena loca y espigas de trigo de forma simultánea.

A finales de junio se procedió a la recolección individualizada de cada una de las parcelas mediante una microcosechadora de 1,2 m de corte, pesando la producción en una balanza digital con una precisión de +/- 20 g, con lo cual se disponían de parejas de

datos de densidad de infestación y producción de cada una de las parcelas.

Para disminuir la dispersión de los datos y hacer más comparables los resultados de cada año se empleó, como variable dependiente, el porcentaje de pérdidas de rendimiento, tomando como 0% de pérdidas a la parcela con mayor producción cada año.

Los distintos modelos que se han evaluado se muestran en el cuadro 1. Para el análisis se recurrió al empleo del programa estadístico NCSS (HINTZE, 1990), el cual permite el ajuste de las distintas nubes de puntos a todo tipo de curvas. La comparación sobre la bondad de los ajustes en los modelos evaluados se realizó mediante el empleo de la suma de los cuadrados medios (SCM) obtenida para cada uno de ellos.

Resultados

La densidad media de infestación por avena loca en la parcela experimental se mostró constante año tras año, entre 230 plantas/m^2 en la campaña 86-87 y 290 plantas/m^2 en la 82-83.

El número de campañas en los que se realizó el trabajo fue de siete para los modelos 1 al 5, mientras que para los modelos 6 y 7, que tenían en cuenta la densidad de la

CUADRO 1
MODELOS EVALUADOS

MODEL EVALUATED

• Modelo • *Model*	• Función • *Function*	• Referencia • *Reference*
•		
• 1	• $Y = a + bX$	• MADEIRA *et al.*, 1984
• 2	• $Y = a + b\sqrt{X}$	• DEW, 1972
• 3	• $Y = a \exp(bX)$	• POOLE y GILL, 1987
• 4	• $Y = aX^b$	• MARRA y CARLSON, 1983
• 5	• $Y = bX/(1 + b/a)X$	• COUSENS *et al.*, 1985
• 6(*)	• $Y = a + bX + c\ X^2$	• CARLSON *et al.*, 1981
• 7 (*)	• $Y = a - b\sqrt{X}$	• CARLSON *et al.*, 1985

Siendo X la densidad de infestación expresada en panículas por metro cuadrado e Y el porcentaje de pérdidas previsto.
(*) En estos modelos *X* reprsenta la densidad relativa de avena loca frente a la densidad total de plantas (de avena loca y trigo), expresada en panículas por metro cuadrado dividido por panículas por metro cuadrado más espigas de trigo por metro cuadrado.

Being X The density of infestation expressed in panicles for square meter and Y the percentage of losses.
(*) In these models X represent the comparative density of wild oat opposite the total density of plants (of wild oat and wheat), expressed in panicles for meter square divided for panicles of wild oat more spikes of wheat for square meter.

avena loca y la del cereal sólo se estudiaron dos campañas.

En el cuadro 2 se exponen los valores de los parámetros de cada modelo: Campaña, número de puntos tomados, parámetros del modelo (en todos ellos dos) y suma de cuadrados medios como indicador de la bondad del ajuste.

El número de parcelas que se consideró cada campaña osciló entre las 47 de la campaña 1983-1984 y las 28 en 1986-1987. Los parámetros obtenidos para cada modelo en los distintos años muestran bastante variabilidad, en especial la bondad del ajuste, expresada por el valor de la SCM. La campaña 1981-1982 se mostró como aquella en que los ajuste fueron peores para todos los modelos ensyados.

En la figura 1 se expresa, gráficamente, el comportamiento del modelo 5 en cada campaña estudiada pudiendo observarse que para densidades inferiores a 20 panículas por metro cuadrado prácticamente coinciden las previsiones de pérdidas en todas las campañas, a partir de 40 panículas/m2 comienza a aparecer mayores diferencias en esas predicciones de pérdidas.

Discusión

El intento de reflejar mediante técnicas estadísticas una realidad tan compleja como es el fenómeno de competencia entre el cultivo y las malas hierbas, tiene una serie de limitaciones que nace de las hipótesis de partida que es necesario asumir.

Las primeras hipótesis tienen su origen en la metodología empleada en estos ensayos para la obtención de los datos que han permitido contrastar los distintos modelos. Dado que se ha partido de poblaciones naturales de avena loca modificadas por medio de herbicidas, es preciso asumir que dichos herbicidas no han tenido efectos fitotóxicos sobre el cultivo. Mediante visitas periódicas a los ensayos se constató la ausencia de síntomas.

Al haber realizado las aplicaciones en postemergencia del cultivo, el fenómeno de competencia ya había comenzado (HEEMST, 1985), lo que fue una de las causas del porcentaje de error que arrastran estos modelos, especialmente con infestaciones bajas.

Las parcelas de toma de datos estaban únicamente infestadas con avena loca y es preciso asumir que tanto ésta como el cereal tenían las mismas oportunidades para obtener la luz, el agua y los nutrientes.

Las variables escogidas, dentro de los factores que afectan a la competencia, son las que han condicionado la predicción de pérdidas de rendimiento. Sin embargo, el modelo óptimo sería aquel que recogiera: la densidad de la avena loca, la duración de la competencia, el tiempo de emergencia de la avena loca respecto al cereal y la fecha en que éste emergió, además de los factores climáticos y edáficos que afectan a la avena loca y al cereal conjuntamente. Pero la complejidad de incluir todas estas variables conduce a simplificaciones que, a su vez, necesitarán ampliar la base de hipótesis de partida.

Los modelos más sencillos y de una aplicación práctica más evidente, en el cálculo de umbrales de tratamiento, son los que incluyen como variables la densidad de avena loca y las pérdidas en porcentaje ocasionadas por la competencia, asumiendo simultaneidad de emergencia entre la avena loca y el cereal (ALDRICH, 1987).

CUADRO 2

CAMPAÑA DEL ENSAYO, NÚMERO DE PARCELAS ELEMENTALES ESTUDIADAS, VALORES DE LOS PARÁMETROS (A, B, C) Y SUMA DE CUADRADOS MEDIOS (SCM) OBTENIDOS EN EL AJUSTE DE CADA MODELO

TRIAL SEASON, NUMBER OF PLOTS STUDIED, PARAMETER VALUES (A, B, C) AND MEAN SQUARE (SCM) OBTAINED ON EACH MODEL FITNESS

		MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4			MODELO 5		
Años	Número parcelas	a	b	SCM	a	b	SCM	a	b (x 0,001)	SCM	a	b	SCM	a	b	SCM
80-81	33	5,81	0,59	20,1	-8,9	6,5	41,5	13,0	-17	47,1	1,82	0,77	33,7	178	0,95	36,8
81-82	41	12,5	0,36	70,3	4,9	5,2	54,4	20,2	-7	13,1	7,72	0,43	57,2	84,2	2,2	102
82-83	42	11,8	0,17	26,6	4,9	3,7	24,1	13,7	-6,1	37,3	5,46	0,38	26,2	43,3	1,6	36,7
83-84	47	7,0	0,50	25,7	-0,7	4,4	23,4	11,6	-18	39,9	3,58	0,55	22,9	53,3	1,5	25,2
84-85	30	26,8	0,11	42,8	11,7	2,7	33,3	30,8	-2,1	51,5	7,93	0,35	32,1	67,3	1,08	38,8
85-86	29	28,2	0,19	51,1	8,4	4,3	32,2	33,5	-3,3	72,3	8,02	0,41	30,9	96,5	1,41	42,2
86-87	28	18,4	0,11	52,4	5,5	2,7	33,5	23,3	-2,6	73,2	5,3	0,40	32,3	66,6	0,75	40,6

		MODELO 6				MODELO 7		
Años	Numero parcelas	a	b	c	SCM	a	b	SCM
85-86	29	21,05	171,8	-121,4	41,5	9,3	-92,7	38,3
86-87	28	10,9	110,3	-67,9	34,1	2,8	64,0	52,1

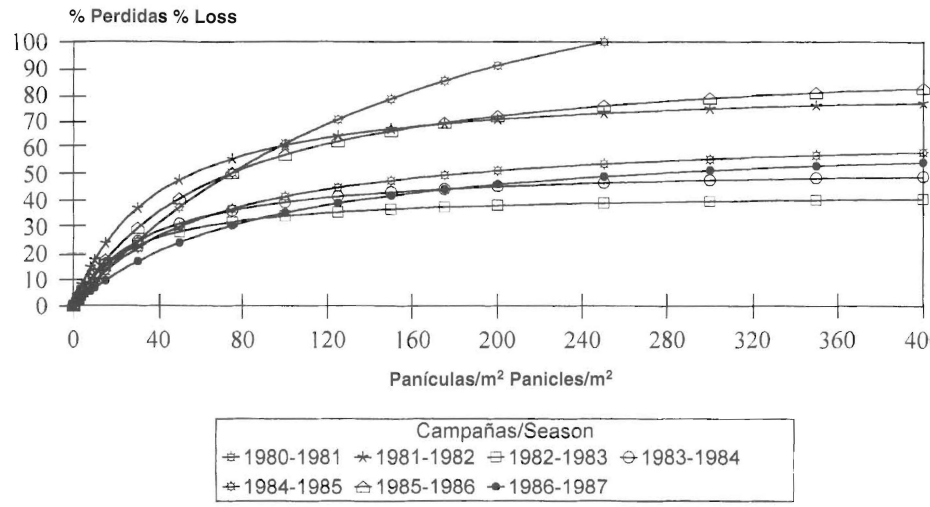


Figura 1. Comportamiento del modelo y=bX(1+(b/a)X)
Behaviour of the model

Tanto el empleo de ecuaciones de tipo lineal (modelo 1), incluyendo como variables la densidad de avena y el rendimiento de cereal (gramos/m^2) (MADEIRA *et al.*, 1984); o bien los rendimientos de ambos (SKORDA y EFTHIMIADIS, 1985), como el de ecuaciones linealizables como el modelo 2 (DEW, 1972, HAMMAN, 1979) que incluye densidad de avena loca y porcentaje de disminución de rendimiento, han sido ampliamente utilizados debido a su sencillez, con resultados aceptables en condiciones españolas, (SAAVEDRA *et al.*, 1990).

Pero ambos tipos de modelos presentan graves deficiencias desde el punto de vista agronómico, ya que para densidades nulas de infestación aparecen descensos en la producción, es decir no pasan por el origen, por lo que para densidades muy bajas de infestación siempre presentarán una sobrevaloración de daños (entre el 5 y 28% en el caso del *modelo 1* y entre -8,9 y 11,7% en el caso del *modelo 2*). Sin embargo, y en especial el modelo 2, para densidades medias de infestación 10-30 panículas/m^2 resulta una predicción de daños muy aceptable, lo cual unido a su facilidad de manejo, ha hecho que hasta hace algunos años fuera el más usado (GÓMEZ FERNÁNDEZ-MONTES e IBAÑEZ, 1980).

Pero ambos modelos proporcionan una sobrevaloración de daños para elevadas densidades de infestación, apartándose totalmente de la realidad (FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDUJAR, 1988). Así, en el caso del *modelo 1* en el año 80-81, a partir de 160 panículas/m^2 las pérdidas predichas suponen más del 100%, problema también mostrado por SAAVEDRA *et al.* (1990). En el caso del modelo 2 también se produjo este fenómeno, a partir de 1240 panículas/m^2, en el año 82-23, si bien esta densidad o superiores pueden carecer de realidad práctica.

El *modelo 3,* de tipo exponencial, se ha empleado para evaluar la competencia cereal-*Bromus* spp. (POOLE y GILL, 1987). Para valores de densidades de infestación próximos a 0 el error estimado es, en ocasiones, elevado, destacando un 33,5% de pérdidas

en la campaña 85-86 para esta densidad. Para densidades elevadas también se aparta de la realidad al sobrevalorar los daños. Así, en el año 80-81 a partir de una densidad fácilmente alcanzable, de 120 panículas/m^2, las pérdidas sobrepasan el 100%. Por otro lado, este modelo presenta una suma de cuadrados medios (SCM) muy elevada en comparación con los demás.

El empleo de modelos parabólicos (*modelo 4*) fue propuesto por MARRA y CARLSON, (1983) para el cálculo de umbrales económicos de malas hierbas en soja. Para densidades bajas, ofrece errores aceptables, inferiores al 10%. En densidades elevadas se aparta de la realidad al sobrepasar el 100% de pérdidas (año 80-81, a partir de 180 panículas/m^2). Sin embargo, en los demás años estudiados, las densidades en que supera el 100% de pérdidas comienzan a rozar límites de posibilidad de existencia.

En la actualidad, y habiéndose descartado el empleo de modelos de tipo sigmoidal por su alejamiento del fenómeno real de competencia (ALDRICH, 1987), los modelos de tipo hiperbólico son los más aceptables (GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, 1993), ya que tienen un comportamiento más acorde con la realidad (FERNÁNDEZ QUINTANILLA y GONZÁLEZ ANDÚJAR, 1988) especialmente con densidades elevadas de infestación.

El *modelo 5,* propuesto por COUSENS *et al.*, en 1985, y confrontado con otros modelos por el mismo autor y por GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.*, en 1993, presenta la ventaja de su paso por el origen, con lo que disminuyen los errores estimados para bajas densidades de infestación, y por otra parte, presenta ajustes adecuados, traducidos en SCM bajos, excepto en el año 81-82. Para infestaciones elevadas, al ser un modelo hiperbólico, se mantiene asintótico, con lo que se asegura que no se sobreestimarán los daños. Es un modelo que describe bien la competencia , en especial a bajas infestaciones, pero tiene grandes variaciones entre años si las infestaciones son muy altas (Figura 1).

Uno de los principales factores que afectan al proceso de competencia es la densidad del cereal, de aquí que la inclusión de esta variable en los modelos de predicción de pérdidas, además de proporcionar buenos ajustes desde el punto de vista estadístico, proporciona un mayor acercamiento a la realidad.

La introducción de la variable "densidad del cereal" se realizó al definir como variable independiente la "densidad relativa de avena loca" (DR) que es el cociente entre la densidad de avena loca y la suma de la densidad de cereal y avena loca. Los modelos evaluados (6 y 7) con la inclusión de esta variable son derivados de los estudiados por CARLSON *et al.*, en 1981 y CARLSON y HILL en 1985.

Con el *modelo 6,* polinómico de grado 2, y con los datos disponibles en los dos ensayos, se obtienen buenos ajustes. Sin embargo, para valores nulos de densidad de avena loca, las pérdidas estimadas, que deberían ser nulas, son muy elevadas (21% en el año 85-86 y 11% en el 86-87). Por el contrario, cuando la densidad de avena loca es muy alta, densidad relativa próxima a 1, las pérdidas están infravaloradas, ya que en esas condiciones deberían ser próximas al 100%, al no existir plantas de cereal, y según las estimaciones se sitúan en el 53% en el año 86-87 y 71% en el 85-86.

El *modelo 7,* que incluye el término de la variable independiente elevada a 1/2 se ha comportado bien, con SCM relativamente bajos y similares en todos los casos. En este caso, a pesar de no ser modelo asintótico, tiene un límite para valores de densidad relativa igual a 1 (sólamente habría avena

loca). Sin embargo, en estas condiciones, en que los rendimientos deberían de ser nulos, se prevén cosechas de hasta el 33% (campaña 1986-1987). Es decir, se produce una infravaloración de daños a densidades de infestación elevadas, ocurriendo el fenómeno inverso que con el modelo que empleaba únicamente la densidad de avena loca (modelo 2), en el que a densidades elevadas se sobrevaloraban las pérdidas. El error, cuando la densidad de avena loca tiende a cero, está comprendido entre el 2,8% (en el año 86-87) y 9,3% (en la campaña 85-86).

Conclusiones

La predicción de daños, empleando modelos matemáticos, con pocos parámetros, puede ser una herramienta sencilla y eficaz para el establecimiento de umbrales económicos de tratamientos, si bien es preciso validar dichos modelos sobre un número suficiente de ensayos y, especialmente, de años. A la vista de los datos experimentales presentados en este trabajo, se comprueba que la dispersión de los mismos debida a causas ajenas a la competencia puede afectar gravemente a la predicción realizada y a la bondad de los ajustes.

En ocasiones, como la presente, los datos experimentales de varios años no se pueden manejar de forma conjunta ya que carecen de la homogeneidad necesaria, a pesar de haberse obtenido de forma idéntica, con lo cual un modelo que pudiera comportarse bien un año, en otra campaña no resulta aceptable, lo cual complica la obtención de conclusiones extrapolables.

Dada la heterogeneidad que, a veces, presentan los datos, resulta imprescindible trabajar con porcentajes de producción o de pérdidas sobre la producción máxima teórica de cada año, que raramente coincide campaña a campaña ya que, si se trabaja con cosecha total, incluimos otra fuente de variación pues esta cosecha se mantiene pocas veces independiente del año climático.

En ocasiones se descartan modelos sencillos, con pocos parámetros, de fácil uso, y ajuste relativamente aceptable en algunos intervalos de infestación, aduciendo su poca adaptación matemática (por ejemplo, que no sean asintóticos) cuando la realidad biológica impide casi siempre acercarnos siquiera a ese valor asintótico.

Los modelos que han tenido un comportamiento más acorde con la realidad, en nuestros ensayos, han sido el 2 ($Y = a + b \sqrt{X}$) y el 5 ($Y = bX / (1 + (b/a) X)$, aunque existieron grandes variaciones entre años. La opción del modelo 5 como buen descriptor de la competencia entre trigo y avena loca en España ya ha sido puesta de manifiesto, en otras condiciones, por GONZÁLEZ ANDÚJAR *et al.* (1993), aunque su extrapolación en condiciones diferentes a las de los ensayos realizados hasta la fecha es problemática, debido al escaso número de éstos y a la diferente metodología empleada.

Bibliografía

AIBAR, J. 1990. Biología y control de la avena loca en Aragón. Colección INIA Tesis Doctorales nº 94. Madrid. 205 págs.

ALDRICH, R.J. 1987. Predicting crop yield reductions from weeds. Weed Technology, 1, 199-206.

AULD, B.R.; TISDELL, C.A. 1986. Economic threshold. Critical density models in weed control. En Proc. EWRS Symposium 1986. Economic Weed Control. Stuttgart. 261-268.

CARLSON, H.; HILL, J.; BAGHOTT; K. 1981. Wild oat competition in spring wheat. 33rd Annual California Weed Conference. Monterrey. California. Vol. 9, 13-24.

CARLSON, H.; HILL, J. 1985.Wild oat (A. fatua) competition spring wheat. Plant density effects. Weed Science 33 (2), 176-181.

COSTA, J. 1990. Agricultura sostenible. El Campo 117, 5-9.

COUSENS, R. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Biology. 107, 239-252.

COUSENS, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and statistical comparison with other models. J. Agr. Sci. Cam. 105, 513-521.

COUSENS, R.; WILSON, B.J.; CUSSANS, G.W. 1985. To spray or not to spray: The teory behind the practice. Proceedings British Crop Protection Conference-Weeds. 671-678.

COUSENS, R. 1987. Theory and reality of weed control thresholdls, Plant Protection Quaterly. Vol 2 (1), 13-19.

CUSSANS, G.W.; COUSENS, R.D.; WILSON, B.J. 1986. Thresholds for Weed Control. The concepts and their interpretation. Proc. EWRS Symposium. 1986. Economic Weed Control. Stutgartt. 253-260.

CUSSANC, G.W.; ROLPH, J. 1990. Herbmast.- A herbicide selection system for winter wheat. Proc. EWRS Symposium. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 451-455.

D.A.G.M. 1992. Anuario Estadístico de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. D.G.A. Zaragoza. 92 p.

DEW, D.A. 1972. An index of competition for estimating crop loss due to weeds. Can. J. Plant Sci. 52, 921-927.

FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C.; GONZÁLEZ ANDÚJAR, J.L. 1988. Utilización del concepto de umbrales de decisión para el control de malas hierbas. ITEA 75, 57-69.

GARCÍA BAUDIN, J.M. 1992. Especies adventicias del género Avena en los cereales (trigo y cebada) españoles. Phytoma España. Fascículo 1. 32 páginas.

GÓMEZ FERNÁNDEZ-MONTES, A.J.; IBÁÑEZ, L. 1980. La avena loca en el cultivo cerealista. Hoja Divulgadora 17-18/80 MAPA. 24 p.

GONZÁLEZ ANDÚJAR, J.L.; FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C.; TORNER, C. 1993. Competencia entre avena loca (Avena sterilis L.) y el trigo de invierno: Comparación de modelos empíricos. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 8 (3) 425-430.

HAMMAN, W.M. 1979. Field confirmation for an index for predicting yield loss of wheat and barley due to wild oat competition. Can. J. Plant Science, 59, 243-244.

HINTZE, J. 1990. Number Cruncher Statistical System. Kaysville. Utah. Ver. 1990.

KROPFF, M.J. 1988. Modelling the effects of weeds on crop production. Weed Research 28, 465-471.

LOTZ, L.A.P.; KROPFF, M.J.; GROENEVELD, R.M.W. 1990. Herbicide aplication in winter wheat. Experimental results on weed competition analysed with a mechanistic simulation model. Proc. EWRS Symposium, Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 247-253.

MADEIRA, J.; DORDIO, M.F.; MIRA, R.S.; LOPES, C. 1984. Population level and concurrence of wild oats (Avena sterilis subsp. sterilis) in fields in Portugal. Proc. EWRS 2rd Symp. on Weed Problems in the Mediterranean Area. 461-468.

MARRA, M.V.; CARLSON, C.A. 1983. An economic threshold model for weeds in soybeans (Glycine max). Weed Science, 31, 604-639.

MARTÍN, R.J.; PANNEL, D.J. 1990. A model for estimating the optimal economic rate of tralkoxidim for control of wild oats (Avena spp.) in wheat. Proc. EWRS Symposium 1990. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 305-312.

POOLE, M.L.; GILL, G.S. 1987. The use of weed density-crop yield relationships for predicting yield loses in the field. Proc. 1987. British Crop Protection Conference-Weeds. 945-954.

SAAVEDRA, M.M.; JIMÉNEZ HIDALGO, M.J.; GARCÍA TORRES, L. 1990. Wild oats (Avena sterilis subsp. sterilis) and wheat (Triticum aestivum L.) competition in southern Spain: A methodological approach. Proc. EWRS Symposium. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 231-238.

SKORDA, E.A.; EFTHIMIADIS, P.G. 1985. Effect of wheat seed rate on Avena ludoviciana competition. Proc. 1985 British Crop Protection Conference-Weeds. 709-714.

STREIBIG, J.C.; ADREASEN, C.; FREDSAHAVN, J. 1990. A computer programme for economic thresholds. Proc. EWRS Symposium 1990. Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki. 459-466.

(Aceptado para publicación el 10 de febrero de 1997)

ITEA (1997), Vol. **93V N.º 1,** 33-48

ANÁLISIS DE LA POLÍTICA DE FOMENTO DEL CULTIVO DE TRIGO DURO EN ESPAÑA TRAS LA ADHESIÓN A LA UNIÓN EUROPEA

J. Hernando

Dirección General de Agricultura y Alimentación
de la Consejería de Economía de la
Comunidad de Madrid
C/ Ronda de Atocha n.º 17
28012-Madrid

RESUMEN

En este estudio se cuantifica la política de fomento del cultivo de trigo duro para las ocho zonas tradicionales productoras españolas, y se explica el aumento de superficie cultivada desde 1986 a 1992 mediante técnicas de regresión con la prima compensatoria como variable explicativa.

Como media, el 51 % de los ingresos unitarios del cultivador de trigo duro proceden de subvenciones y el 49 % restante de venta de cosecha.

Esta política introduce seguridad en la planificación de la siembra y en las rentas de los productores. Las subvenciones de explotación juegan un papel de seguro frente a riesgos naturales y de comercialización, y garantiza más de la mitad de los ingresos de explotación al efectuar la declaración de superficies sin esperar a materializar la cosecha.

La eficacia de la respuesta es tal que las poco más de 100.000 hectáreas de 1989 se elevan hasta más de 600.000 en 1992.

Palabras clave: Trigo duro, Prima compensatoria, Fomento cultivo, Aumento superficie, Ingresos unitarios, Unión Europea.

SUMMARY
THE DEVELOPMENT OF DURUM WHEAT CULTIVATION IN SPAIN BY FOLLOWING THE INTEGRATION IN THE EUROPEAN COMMUNITY

The increase in the area under cultivation of durum wheat in the eight traditional areas of Spain is quantified. A regression analysis of the cultivated acreage against the deficiency payment is carried out in order to explain the facts registered from 1986 to 1992.

As an average figure the 51 per cent of the total outcome of durum growers comes out from european support and the remaining 49 per cent it is from the market sales.

Such a procedure is a driving force to accurate the incomes of the tetraploid wheat growers. The deficiency paments play a role as much against both market risks and natural hazards. At the same time they provide with more than a half of the gross benefit before harvesting as soon as sowing takes place.

The eficiency of the response is so remark that the aproximately 100.000 hectareas under cultivation of 1989 rises up to more than 600.000 ones in 1992.

Key words: Durum wheat, Deficiency payment, Crop development, Acreage increase, Incomes, European Community

Introducción

La política agraria española durante las décadas de los setenta y principios de los ochenta se ha venido caracterizando por "un intervencionismo en precios y mercados, y un liberalismo en organización y estructuas" (BARCELÓ, 1994).

La reglamentación y regulación de precios y mercados para dirigir la oferta productiva se basaba en garantías de precios, mantenimiento de unos precios internos superiores a los del mercado mundial de granos, compra ilimitada por los mecanismos de intervención, y diferenciación de precios para cultivos substitutivos entre sí.

Políticas como el fomento de cereales pienso y el fomento del cultivo de trigos duros buscaban el adecuado equilibrio entre la oferta y la demanda.

Tras el Informe del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación sobre "El desarrollo de la agricultura en España" (MINISTERIO DE HACIENDA, 1966), se actuó fomentando la ganadería y el cultivo de cereales pienso capaces de facilitar un modelo ganadero para atender la demanda creciente de proteínas animales y equilibrar la balanza agroalimentaria de granos para alimentación animal .

Algunas carencias evidentes de esta política cerealista fueron la no consideración de la calidad, y la escasa estructura cooperativa comercializadora de base empresarial eficiente. Los canales de comercialización directa entre productores y transformadores eran muy débiles y abundaba el proteccionismo mediante la acción combinada de la garantía ilimitada de compra por los mecanismos de intervención y el mantenimiento de unos precios internos superiores a los del mercado mundial de granos .

En ambas Castillas, y de una manera notable en la submeseta norte, la política discriminatoria de precios surtió efecto en la sustitución de trigos blandos por cebadas, aunque no en el fomento del cultivo del trigo duro. La serie temporal de superficie cultivada nos muestra como, a partir de 1974, la cebada con 3.100.000 hectáreas, pasa a ocupar la mayor superficie nacional entre todos los cereales paja.

Los cerealicultores castellanos respondían a los estímulos de los precios oficiales sustituyendo superficie cultivada de trigo por cebada, de una manera fácil dada la plena intercambiabilidad de factores de producción y técnicas de cultivo entre los diferentes cereales de invierno .

Dos factores exógenos al proceso productivo dirigista son dignos de consideración : los condicionantes agroclimáticos y tecnológicos, y la revolución verde (HERNANDO, 1983) .

En nuestro país y de una manera marcada en las submesetas, con unas condiciones naturales de suelo y clima muy limitantes, el aumento de la cantidad producida de cereal

debe ser a base de aumentar la superficie cultivada .

Por otra parte, las variedades de trigo blando de la revolución verde, de ciclo corto, insensibles al fotoperíodo, de talla semienana, de alto potencial genético de rendimiento y de elevada respuesta a la aplicación intensiva de fertilizantes, se asentaron en las zonas cerealistas más feraces de Andalucía, Aragón y Castilla La Mancha, donde desplazaron a las variedades autóctonas cultivadas y aumentaron espectacularmente tanto los rendimientos físicos como los económicos a consecuencia de la estructura de las explotaciones y de la alta mecanización de la agricultura extensiva de tales regiones.

La cerealicultura cambió sus pautas tecnológicas y orientaciones productivas al socaire de las políticas de precios garantizados, sin modernizar estructuras, manteniendo desequilibrios en la balanza comercial y con alto costo para las arcas públicas.

Los ochenta marcan nuestro ingreso en la actual Unión Europea y la adopción del acervo de la política agrícola común. Los hechos se suceden con rapidez apareciendo los estabilizadores agropresupuestarios, las cantidades máximas garantizadas y el abandono de tierras de cultivo.

Los cereales españoles aproximaron sus precios a la baja, a excepción de trigo duro, de aproximación al alza al ser nuestros precios inferiores a los comunitarios.

La reforma de la política agrícola común de 1992 produce la unificación del precio para todos los cereales e introduce los mecanismos de pagos compensatorios y la retirada obligatoria de tierras de la producción .

La reforma de 1992 supone una serie de novedades para el cultivo de cereales en secano, entre las cuales merecen reseñarse :

1) Disminución de los riesgos empresariales al desvincular parte de las rentas del juego del mercado y de los riesgos climatológicos (helada, sequía, asurado). Los determinantes de los ingresos no son ya solamente el rendimiento y el precio de venta.

Las ayudas y subvenciones suponen, para los cereales un añadido al seguro integral de cosechas frente a todo tipo de riesgos naturales.

Por el solo hecho de sembrar, el cerealicultor tiene garantizado parte de sus ingresos sin necesidad de aguardar a la recolección .

2) Las decisiones empresariales de asignación de superficie y factores entre los cultivos, se hacen en un contexto de mayor certidumbre, pues el cerealicultor, al momento de la siembra, conoce las ayudas de campaña y los mercados son más transparentes.

3) Esta mayor seguridad va acompañada de una complejidad administrativa para el productor, y a la administración le va a permitir tener una información de primera mano que bien utilizada ha de redundar en una mejora de la calidad de las estadísticas agrarias nacionales y regionales sobre cultivos herbáceos extensivos.

4) Frente al modelo clásico de regulación basado en precios de garantía, la reforma introduce dos instrumentos adicionales de una enorme importancia, a saber: Las subvenciones por superficie desvinculadas de la producción y las ayudas vinculadas a los rendimientos medios estimados. Ambas desvinculadas de la cosecha y sus avatares. Estos dos instrumentos reducen el papel de los precios de garantía.

Tras la adhesión, Andalucía, Badajoz, Burgos y Zaragoza pasan a ser consideradas regiones tradicionales de trigo duro percep-

toras de ayuda a la producción por hectárea cultivada a partir del año 1986. A partir de la campaña 1989/90 se incorporan a la lista las provincias de Navarra, Toledo, Zamora y Salamanca. Estas zonas en 1986 concentran el 98,77 % de la superficie nacional cultivada de trigo duro.

La superficie con derecho a prima compensatoria está establecida en 550.000 hectáreas. El derecho es individual y el productor deberá tener declarado el cultivo de trigo duro en alguna de las cuatro campañas siguientes 1988/89, 1989/90, 1990/91 o 1991/1992. Por otra parte, vendrá obligado a la utilización de semilla certificada en cantidad no inferior a los 130 Kg/ha.

Asimismo, se establece una ayuda al sostenimiento de las rentas en base a los rendimientos medios a nivel comarcal.

Este estudio trata de demostrar y cuantificar estas supuestas bondades de la política comunitaria de cereales para nuestro país y para el caso concreto del trigo duro como ejemplo paradigmático de política de fomento y regulación.

Para el período comprendido desde la adhesión a la Unión Europea se analizan cuantitativamente los siguientes objetivos:

a) Evolución de las series temporales de superficie y producciones junto con sus redistribuciones en cada una de las ocho zonas productoras de trigo duro, en términos de ganancias de cuotas de superficie .

b) Modelos de ajuste y predicción mediante técnicas de regresión de la superficie cultivada en función de las nuevas variables introducidas tras nuestro ingreso en la Unión Europea. Este apartado se lleva solamente hasta 1992, ya que en ese año se ha alcanzado la cuota de superficie con derecho a prima. A la entrada en vigor de la reforma se igualan los precios de garantía, continúa la ayuda a la superficie del trigo duro y aparecen los pagos compensatorios desvinculados de los rendimientos y vinculados a los rendimientos regionales comarcalizados para todos los cereales de invierno.

c) Establecimiento de una función de ingresos por zonas productoras para ponderar el juego de las ayudas comunitarias y el papel del mercado tras la reforma de 1992, tomando los datos reales del primer año de aplicación (1993) .

d) Balances en términos de rentas del nuevo equilibrio conseguido en el cultivo de cereales de invierno para el período comprendido entre 1986 hasta 1993.

Metodología

Los dos conceptos que aparecen en la regulación de trigo duro a partir de 1986 y que pueden explicar el aumento de la superficie cultivada de este cereal son, por un lado, la prima por superficie cultivada y, por otro, la ventaja de precios. A partir de 1992 se añaden los pagos compensatorios en concepto de ayudas a la renta por unidad de superficie cultivada.

Puesto que los precios de campaña de trigo duro desde la adhesión a la Unión se han incrementado y, paralelamente, los de los restantes cereales de invierno han disminuido, el aumento de la superficie cultivada de este cereal cabe atribuirlo a sustitución del cultivo de otros cereales y al logro de una ventaja en precios con el curso de los años. Esto lo designamos como ventaja neta de precio. Trabajando con ventaja neta de precios en lugar de con precios absolutos, podemos situar mejor el estímulo para pro-

ducir trigo duro en oposición a los otros cereales paja.

Para el cálculo de estas ventajas en precios, se ha tenido en cuenta el hecho de que la serie cultivada de trigo blando y de cebada en las zonas productoras de trigo duro ha descendido desde 1986, coincidiendo ese descenso con el aumento del cultivo de trigo duro. La relación de sustitución resulta ser, según ANUARIO DE ESTADÍSTICA AGRARIA (varios años), de 3/4 a costa de la superficie de trigo blando y 1/4 a costa de la superficie de cebada. Los precios se ponderan anualmente con estos índices para calcular la ventaja de producir trigo duro, con arreglo a la siguiente expresión matemática:

$$Vpj = SUM\ (Dpj \times Rj \times Fi) = SUM$$

$$\{(Pdj - (3/4\ Pbj + 1/4\ Pcj)) \times Rj \times Fi\} \quad (1)$$

donde :

Vpj = Ventaja en precios (ptas./ha)

Dpj = Diferencial de precios (ptas./kg)

Rj = Rendimiento trigo duro (kg/ha)

Pdj = Precio percibido trigo duro (ptas./kg)

Fi = Factor de ponderación según cuota de zona (tanto por uno)

Pbj = Precio percibido trigo blando (ptas./kg)

Pcj = Precio percibido cebada (ptas./kg)

i = Andalucía, Zaragoza, Navarra, Badajoz, Toledo, Burgos, Zamora y Salamanca

j = 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992

Según ASTORQUIZA, ALBISU (1993), hasta la fecha se han utilizado modelos de predicción de superficies y rendimientos utilizando como variables independientes: precios, Factores tecnológicos, factores climatológicos, costes relativos, consumo total de trigo, tamaño medio de la explotación triguera e insumos .

Por otra parte BRIZ, MARTÍN (1991) modelizan de una manera empírica las medidas de política agraria observando que la superficie cultivada de los diferentes cereales responde con frecuencia más a los cambios en los precios de los cultivos substitutivos que a los propios precios. Igualmente ALBIAC (1995) analiza los resultados de la liberalización de los mercados sobre la oferta de cereales y oleaginosas bajo tres escenarios, mediante ecuaciones explicativas de la superficie y los rendimientos para concluir que las medidas liberalizadoras suponen la reducción de los precios de los cereales.

En este trabajo se plantean modelos explicativos de ajuste y predicción para el aumento de la superficie cultivada desde 1986 hasta 1992 que aún a sabiendas de la no robustez del ajuste con tan sólo 7 datos son los únicos existentes para explicarlo. La expresión matemática utilizada es la siguiente :

$$Y = f\ (X1,X2) + U \quad (2)$$

siendo :

Y = Superficie cultivada (has)

X1 = Prima de cultivo (ptas. / ha)

X2 = Ventaja en precios (ptas. / ha)

U = Término de error del modelo

Para determinar la función de ingresos por zonas productoras de trigo duro a partir de la reforma de la política agrícola comunitaria de 1992, se utiliza la siguiente expresión matemática para su cálculo en el año agrícola de 1993 (primero de aplicación de la reforma) :

$$IUj = SUM\ (Pci \times Fi + Pri \times Fi +$$

+ Vmi) (3)

que desarrollada queda:

IUj = SUM {(Rri x Ae x Tc) x Fi + Pri x

x Fi + (Pdi x Ri) x Fi}

donde :

IUj = Ingresos brutos unitarios (ptas./ha)

Pci = Pago compensatorio (ptas./ha)

Pri = Prima para zonas productoras (ptas./ha)

Vmi = Venta de grano (ptas./ha)

Rri = Rendimiento Plan Regionalización productiva (t/ha)

Ae = Ayuda reforma PAC 1992 (Ecu/t)

Tc = Tipo de conversión agrícola (ptas./Ecu)

Pdi = Precio percibido (ptas./kg.)

Ri = Rendimiento de la cosecha (kg/ha)

Fi = Factor de ponderación según cuota de zona (tanto por uno)

i = 8 zonas productoras

j = año 1993

Evolución de la producción de trigo duro

Tal y como puede apreciarse en el cuadro 1, la superficie cultivada de este cereal grano ha disminuido de una manera continua, hasta situarse en torno a las 100.000 hectáreas cultivadas a mediados de los ochenta. Para el mismo período, la producción se multiplicó por 2,8 gracias al aumento de los rendimientos que pasaron desde los 1.033 kg./ha de 1968 hasta los 2.800 de 1987. Este fuerte aumento de los rendimientos resulta significativo habida cuenta de ser un cultivo de secano y relegado a suelos marginales tras el empuje de las cebadas y los trigos blandos y cabe achacarla a la

CUADRO 1
SERIE HISTÓRICA DE SUPERFICIES, PRODUCCIONES Y RENDIMIENTOS DE TRIGO DURO

Años	Superficie (Ha)	Producción (T)	Rendimiento (kg/Ha)
1980	97.141	241.041	2.481
1981	103.655	119.128	1.149
1982	126.251	280.838	2.224
1983	172.422	262.689	1.524
1984	152.910	502.641	3.287
1985	132.700	371.064	2.796
1986	118.278	279.070	2.359
1987	105.533	296.833	2.813
1988	109.392	341.075	3.118
1989	131.289	362.425	2.761
1990	189.869	523.260	2.756
1991	459.050	1.293.843	2.819
1992	630.258	1.279.083	2.029

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario de Estadística Agraria (varios años).

mejora tecnológica en variedades, fertilización y mecanización.

Cabe pensar que estos rendimientos están en el límite de las posibilidades para un país como el nuestro donde las circunstancias climáticas y edáficas son limitantes, y, por consiguiente, futuros aumentos de producción sólo son posibles mediante un incremento de la superficie cultivada. Esto es precisamente lo ocurrido entre 1989 y 1992, período en el que se ha pasado de 131.300 has a 630.300 has cultivadas.

Los datos sobre la evolución de la superficie cultivada según zonas productoras para los cuatro años bien delimitados de 1982, 1987, 1990 y 1992 se presentan en el cuadro 2, siendo de destacar los siguientes hechos de relevancia :

1) Escaso peso de Zamora y Salamanca. En conjunto no superan las 1.500 hectáreas en 1992 frente a las 730 de 1982.

2) Todas las zonas productoras de duros aumentan los valores absolutos y relativos de superficie cultivada, a excepción de Burgos que disminuye.

3) Son de destacar los datos de Andalucía que pasa de 94.790 hectáreas en 1982 (8,68% de la superficie regional de cereales) a 389.857 hectáreas en 1992 (39,76% de la superficie regional de cereales). Zaragoza pasa de 3.700 hectáreas en 1982 (0,96% de la superficie provincial de cereales) a 131.000 hectáreas en 1992 (48,03% de la superficie provincial de cereales). Badajoz va de 5.000 hectáreas en 1982 (1,59% de la superficie provincial de cereales) hasta 50.400 hectáreas en 1992 (20,17 % de la superficie provincial de cereales).

Casualmente, Andalucía, Zaragoza y Badajoz fueron las que primero accedieron a los beneficios por superficie en 1986, por lo que podemos asumir que con más tiempo que las otras zonas productoras, han captado cuota de superficie con una gran eficacia y diligencia, tal y como se aprecia en el Cuadro 3, siendo digno de reseñar lo siguiente:

1) En tanto por ciento vemos como Andalucía pesa menos en 1992 (56,9 %) que en 1982 (62,6%), y, por el contrario, para los dos mismos años, ponderan más Zaragoza (26,0 % frente a 21,0 %), Badajoz (9,5 % frente a 8,1 %), Toledo (5,7 % frente a 5,3%) y Navarra (2,0 % frente a 1,6%).

2) Para el conjunto de las ocho zonas productoras, la superficie cultivada de trigo duro sobre la total cultivada de cereales de invierno, pasa desde el 3,65% en 1982 hasta el 20,96 % en 1992.

Función de la respuesta de superficie

Tal y como puede apreciarse en el cuadro 4, la superficie cultivada de trigo duro ha evolucionado desde las 118.278 hectáreas de 1986 hasta las 630.300 de 1992.

Para el mismo período, la prima por unidad de superficie ha aumentado desde las 2.371 ptas. / ha de 1986 hasta las 27.601 de 1992, para alcanzar las 61.021 en 1995.

La ventaja de precios a favor del trigo duro en pta./ha, calculada según la fórmula (1) de la metodología frente a los demás cereales de invierno, es siempre positiva aunque va descendiendo desde las 13.212 ptas./ha de 1986 hasta las 2.779 pts en 1992, alcanzando su valor más bajo de 1.428 pts / ha en 1994.

Considerando la evolución paralela de las dos variables, puede verse como a partir de 1989 la prima sobrepasa a los diferenciales de precios.

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE TRIGO DURO (Ha) POR ZONAS PRODUCTORAS Y EN COMPARACIÓN CON LOS OTROS CEREALES DE INVIERNO

Años	Cultivo	Andalucía	Zaragoza	Navarra	Badajoz	Toledo	Burgos	Zamora	Salamanca	Total
1982	Cereales I.	1.091.582	383.408	204.350	314.350	328.686	468.317	223.201	208.960	3.222.854
	Trigo D.	94.790	3.700	370	5.000	1.100	12.000	130	600	117.690
	%	8,68	0.96	0,18	1,59	0,33	2,56	0,06	0,29	3,65
1987	Cereales I.	1.125.811	412.132	229.435	291.500	355.166	494.485	225.249	198.800	3.332.578
	Trigo D.	89.455	2.160	300	1.500	300	4.500	0	500	98.715
	%	7,94	0,52	0,13	0,5º	0,08	0,91	0,00	0,25	2,96
1990	Cereales I.	913.311	371.234	213.386	232.500	371.596	497.044	227.143	170.343	2.996.557
	Trigo D.	138.124	26.112	3.046	8.000	3.000	3.300	200	500	182.282
	%	15,12	7,03	1,43	3,44	0,81	0,66	0,09	0,29	6,08
1992	Cereales I.	980.517	272.709	228.734	249.890	373.248	465.419	207.378	192.692	2.970.587
	Trigo D.	389.857	131.000	10.075	50.400	33.000	6.709	1.000	500	622.541
	%	39.76	48,03	4,40	20,17	8,84	1,44	0,48	0,26	20,96

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario de Estadística Agraria (varios años).

CUADRO 3
EVOLUCIÓN POR ZONAS DE LA SUPERFICIE DE TRIGO DURO AL ADOPTAR LA POLÍTICA AGRÍCOLA COMÚN

Zona	Sup (1)	cuota (%)	Sup (2)	Cuota (%)	Ganancia (Has)	Ganancia (%)
Andalucía	103.299	79,4	344.431	62,6	241.132	56,9
Zaragoza	5.108	3,9	115.736	21,0	110.628	26,0
Navarra	427	0,3	8.901	1,6	8.474	2,0
Badajoz	3.521	2,7	44.528	8,1	41.007	9,5
Toledo	5.018	3,9	29.152	5,3	24.134	5,7
Burgos	11.632	8,9	5.927	1,1	-5.705	0,0
Zamora	293	0,2	883	0,2	590	0,1
Salamanca	847	0,7	442	0,1	-405	0,0
Total	130.145	100	550.000	100	419.855	100

(1): Antes de 1985 (media 1981-1984)
(2): En 1992 con derecho a prima
Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario de Estadística Agraria (varios años).

CUADRO 4
VENTAJAS PARA EL CULTIVO DEL TRIGO DURO DESDE LA ADHESIÓN A LA UNIÓN EUROPEA

Año	Sup.	Prima	Dif. Pr.	Rend.	Vent. Pr. (1)	Vent.Total (2)
1986	118.278	2.371	6,70	1.971,90	13.212	15.583
1987	105.533	5.220	4,29	2.785,40	11.949	17.169
1988	109.392	8.402	4,46	2.744,10	12.239	20.641
1989	131.289	12.431	4,66	2.299,00	10.713	23.144
1990	189.869	17.085	4,78	2.334,20	11.157	28.242
.991	459.050	22.601	1,91	2.097,20	4.006	26.607
1992	630.300	27.601	2,34	1.187,60	2.779	30.380
1993		46.035	5,05	1.733,60	8.755	54.790
1994		57.119	0,66	2.163,70	1.428	58.547
1995		61.021				

Fuente: Elaboración a partir de MAPA (1972-1983), MAPA (1990), MAPA (1988-1994) y SENPA (1986-1995).
(1)= Dif. Pr. (ptas./kg) x Rend. (kgs/ha)
(2)= Prima (pts./ha) + Vent. Pr. (pts./ha)

Por último, la ventaja total de cultivar trigo duro frente a los otros cereales alternativos de invierno aumenta desde 15.583 ptas./ha de 1986 hasta las 30.380 de 1992, continuando el aumento para llegar a las 58.547 ptas./ha de 1994, segundo año de la aplicación de la reforma de 1992 y último del que disponemos datos fehacientes.

Con los datos que aparecen en el Cuadro 4, se plantean modelos explicativos lineales y no lineales para el periodo comprendido entre 1986 y 1992, con arreglo a la expresión ( ) de la metodología.

Los cálculos se han realizado con la ayuda del programa estadístico STATGRAPHICS 6.0, según las indicaciones contenidas en PÉREZ (1996). Se calculan varios modelos cuyo resumen puede verse en el Cuadro 5, siguiendo para la interpretación de los resultados a ALCAIDE, ÁLVAREZ (1992).

La regresión lineal múltiple no resulta un buen modelo (ninguna de las variables tiene estadístico t significativo al 95 %), existe multicolinealidad las variables explicativas están altamente correlacionadas con un valor de 0,8765) y heteroscedasticidad (el gráfico de residuos no sigue una tendencia aleatoria y tanto la varianza residual como el error estándar residual presentan valores muy elevados). El contraste de Durbin-Watson, con un valor del estadístico de 2,282, nos permite afirmar que no hay autocorrelación y asumiendo que se trata de un modelo explicativo sin valores retardados en las variables independientes (ALCAIDE, ÁLVAREZ, 1992).

Tras un cálculo preliminar de regresión múltiple paso a paso (stepwise hacía adelante), podemos asumir que la variable X1 (prima), explica casi toda la variable endógena Y (superficie cultivada), lo cual guarda paralelismo con los datos del cuadro 4, donde la ventaja en precios (X2) permanece casi sin variación desde 1986 hasta 1990 para luego caer acusadamente hasta 1992. Ello puede deberse a una parcial compensación de la aproximación del precio del trigo duro español al de la Unión, con la penalización simultánea que suponen las cuotas de corresponsabilidad y suplementaria y la congelación de precios de campaña.

Por el contrario, la prima (X1) se incrementa de una manera notable, desde las 2.371 ptas./ha de 1986 hasta las 27.601 de 1992.

Como se aprecia en el cuadro 5, los modelos de regresión simple exponencial y recíproco, y el modelo no lineal de segundo orden, con la prima como variable exógena tienen estadísticos t significativos al 5 % para todos los coeficientes de las funciones.

La bondad del ajuste es considerable ya que el análisis de varianza de los modelos nos dan F de Snedecor significativas al 5 %. Los coeficientes de determinación para los tres modelos de ajuste van desde 88,34 y 90,71 para los lineales hasta 98,43 para el cuadrático.

Los tres modelos predicen razonablemente bien la superficie cultivada de trigo duro, mejor el modelo cuadrático con una t significativa al 1 %. Si no existiera cuota límite con derecho a prima, la superficie cultivada aumentaría indefinidamente.

La elasticidad prima de la superficie cultivada de trigo duro para el modelo cuadrático va pasando por los valores - 0,09; 0,06; 0,41; 1,19; 4,39 y 2,01. Diremos que es elástica y con valores crecientes y muy superiores a la medida que avanzamos en la serie temporal, pues el valor negativo inicial es prácticamente próximo a cero. Un aumento del 10 % en la prima provoca un aumento en la superficie cultivada de trigo duro de 0,6 %, 4,1 %, 11,9 %, 43,9 % y 20,1 %, respectivamente. La respuesta a la prima no es en absoluto rígida e influye de una manera notable en la asignación de superficie al cultivo de trigo duro de las zonas tradicionales productoras.

ASTORQUIZA, ALBISU (1993), indican cómo el productor, hasta 1985, tenía que decidir la superficie a sembrar de cada cereal cuando aún no conocía los precios y ayudas que estarían en vigor tras la cosecha. Por lo tanto, continúan, el cultivador utilizaba toda la información disponible en el momento de la siembra sobre los factores que inciden en sus ingresos con el fin de incorporarlos a sus expectativas y que le sirvan de ayuda en la toma de decisiones racionales.

La OCM (Organización Común de Mercados) de cereales primero y la reforma posterior de 1992, han cambiado tanto el campo de la toma de decisiones empresariales como la certidumbre de las mismas. Ello es evidente a la vista del caso que estamos estudiando del modelo de respuesta de la superficie cultivada de trigo duro a la prima por superficie esperada, la cual se conoce con suficiente antelación como para planificar la siembra.

A mayor abundamiento, la Ley 19 / 1995 de 4 de julio de Modernización de las Explotaciones Agrarias (BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO, 1995), se inserta en las nuevas tendencias de la Política Agrícola Comunitaria, basada en ayuda directas a las rentas agrarias, en oposición al "antiguo y desacreditado remedio de garantía de los precios" (FERNÁNDEZ DE CORDOVA, 1996).

Funciones de ingreso por zonas productoras

Los cálculos de la función de ingresos por zonas productoras para el primer año de aplicación de la reforma agrícola comunitaria (1993) se realizan siguiendo la ecuación (3) del apartado dedicado a metodología y se presentan en el cuadro 6. El ingreso unitario así calculado resulta ser como promedio de 106.065 ptas./ha, que se reparte entre

CUADRO 5
MODELOS DE AJUSTE Y PREDICCIÓN POR REGRESIÓN Y SUS CONTRASTES

Modelo	Función y estimación		R^2	F	Calidad predicción (1)
Exponencial	Y= exp (11,1503 + 0,00007448 x 1)		88,34	37,88	Ratio varianzas= 1,55287
Estadístico t	(57,1099)	(6,1553)			Estadístico t= 0,120459
Significación	(**)	(**)		(**)	Significación= 0,906113
Recíproco	1/Y= 0,0000108698 - 0,0000000033819 x 1		90,71	48,85	Ratio varianzas= 1,12886
Estadístico t	(13,9222)	(-6,9892)			Estadístico t= 0,134296
Significación	(**)	(**)		(**)	Significación= 0,895394
Cuadrático	Y= 61083,878 + 0,0166 x 1 + 0,434 x 1 ^2		95,03	69,70	Ratio varianzas= 1,01592
Estadístico t	(2,7888)	(2,8525)			Estadístico t= 0,000031
Significación	(*)	(*)		(**)	Significación= 0,999976

(*): Nivel de significación al 5%
(**): Nivel de significación al 1%
(1): Ratio varianzas= varianza superficies reales/varianza superficies estimadas
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 6
FUNCIÓN DE INGRESOS POR ZONAS PRODUCTORAS DE TRIGO DURO
(AÑO 1993)

Zona	Prima (1)	%	Ayuda renta (2)	%	Mercado (3)	%	Ingresos (4)
Andalucía	46.035	47	8.921	9	43.825	44	98.781
Zaragoza	46.035	54	6.587	8	33.327	39	85.949
Navarra	46.035	45	10.850	11	45.564	44	102.449
Badajoz	46.035	80	6.200	11	5.334	9	57.569
Toledo	46.035	58	6.200	8	26.863	34	79.098
Burgos	46.035	33	10.850	8	81.283	59	138.168
Zamora	46.035	36	7.750	6	73.175	58	126.960
Salamanca	46.035	29	8.138	5	105.372	66	159.545
Media	46.045	43	8.187	8	51.843	49	106.065

(1)= Renta fija (ptAs./Ha)
(2)= Rend. Reg. (Tm/Ha)x Ayuda comp. (Ecus/Tm) x Cambio (PtAs./Ecu)
(3)= Rendimiento (kgs/Ha) x Precio percibido (ptAs./kg)
(4)= (1) + (2) + (3)
Fuente: Elaboración propia.

46.035 de prima, 8.187 ptas./ha de pago compensatorio y 51.843 de venta del grano. Es decir, 43 %, 8 % y 49 %, respectivamente.

Agregando, cada hectárea cultivada obtiene un 51 % de sus ingresos a través de las subvenciones de campaña (pago compensatorio y prima), y un 49 % a través de la venta de la cosecha a precios de mercado.

Para precisar aún más tal y como aparece en el cuadro 7 y al objeto de cuantificar la influencia de las subvenciones en la seguridad de las cosechas ante riesgos naturales, se clasifican las provincias y los años considerados en dos grupos, según su rendimiento este por encima o por debajo del estimado de 2.092 kg./ha media de 56 valores, 8 zonas productoras x 7 años, que resulta un buen estimador del rendimiento esperado de trigo duro con una desviación típica de 56,9 y un coeficiente de variación de 2,7 %). El resultado es un modelo teórico que se extrapola al año 1993 como primero de aplicación de la reforma de 1992. Resultan así cuatro categorías de hipótesis según interacción zona productora x año. A saber:

1: Andalucía, Navarra y Zaragoza en años de rendimientos superiores al estimado (1987, 1988, 1989 y 1990), con un valor de 3.077 kg/ha.

2: Badajoz, Toledo, Burgos, Salamanca y Zamora en años de superior rendimiento al estimado (1987, 1988, 1989 y 1990), con un valor de 2.023 k./ha.

3: Andalucía, Navarra y Zaragoza en años de rendimientos inferiores al estimado (1986, 1991 y 1992), con un valor de 2.090 kg/ha.

4: Badajoz, Toledo, Burgos, Salamanca y Zamora en años de inferiores rendimientos al estimado (1986, 1991 y 1992), con el valor de 1.440 k./ha.

CUADRO 7
MODELO A LARGO PLAZO FUNCIÓN DE INGRESOS POR GRUPOS - AÑO 1993 (1)

Grupos	Ingresos	Ayuda	%	Prima	%	Mercado	%
Unico	103.947	14.087	13,6	46.035	44,2	43.825	42,2
A1-P1	145.434	15.212	10,5	46.035	31,7	84.187	57,8
A2-P1	118.430	15.212	12,8	46.035	38,9	57.183	48,3
A1-P2	114.172	13.597	11,9	46.035	40,3	54.540	47,8
A2-P2	98.454	13.597	13,8	46.035	46,8	38.822	39,4

(1): RM= 2.092 kgs/ha (media de 7 años y 8 zonas)
P1= Andalucía, Navarra y Zaragoza
P2= Badajoz, Toledo, Burgos, Salamanca y Zamora
A1= Años Buenos Rendimientos
A2= Años Peores Rendimientos
Fuente: Elaboración propia.

La categoría llamada única, para el total de años y provincias, corresponde al rendimiento medio estimado de 2.093 kg/ha.

Los cálculos se hacen conforme a la fórmula (3) del apartado de metodología. La importancia de las subvenciones (ayuda ó pago compensatorio más prima) va desde el 42,2 % para la categoría 1 hasta el 60,6 % para la categoría 4, con valores intermedios de 51,7 % y 52,2 % para las categorías 2 y 3.

Rentas resultantes

Interesa considerar en qué medida la reforma de 1992 mantiene las rentas de los cerealicultores de las ocho zonas productoras de trigo duro en términos de aumento de superficie cultivada de trigo duro y disminuciones de los demás cereales de invierno como diferencia entre los datos de 1992 y 1985 y cuantificado en unidades monetarias a nivel de cada zona y a nivel global utilizando para ello la fórmula (3) de la parte metodológica con cifras monetarias deflactadas según el Índice de Precios al Consumo enlazados (Boletín Oficial del Estado, 1994). La cuestión no es en absoluto baladí, pues los 247.190 productores de cereales paja de las ocho zonas suponen el 34% del total nacional (740.363 productores), y cultivan el 45% de las 7.371.950 has de tierras cerealistas.

Como se aprecia en el cuadro 8 sobre balance de rentas para el conjunto de las ocho zonas productoras de trigo duro, la superficie cultivada desde 1985 hasta 1992 se ha incrementado en 419.855 hectáreas con derecho a prima. Los demás cereales de invierno han descendido su cultivo en 821.418 hectáreas. Traducido en términos de ingresos por incremento de trigo duro y de pérdidas de otros cereales de invierno, podemos decir que los cultivadores de cereales de esas ocho zonas y a precios constantes, tras considerar la inflación, mantienen sus rentas con un efecto reductor de 1/2 en la superficie cultivada. Datos estos en coherencia con los objetivos de la política agrícola común en el sentido de modernizar

el campo reduciendo activos, disminuir la superficie cultivada y sostener rentas de los activos que permanecen en el medio rural.

Los datos sobre saldo (ingresos menos pérdidas del cuadro 8) y renta por cerealicultor a nivel de zona tradicional productora se presentan en el Cuadro 9. Como promedio, la renta per capita de los 247.190 cerealicultores de las ocho zonas ha aumentado en 1.802 ptas. No obstante, este dato promedio oculta una gran variabilidad. La renta por productor aumenta en Andalucía, Navarra, Badajoz y Toledo, desde las 49.917 ptas. de Toledo hasta las 11.483 ptas. de Badajoz. Las pérdidas de rentas se dan en las otras cuatro zonas, variando desde las 151.024 ptas. de Zaragoza hasta las 7.013 de Salamanca.

Por consiguiente, el sistema implantado de apoyo a los productores de trigo duro y modificado con la reforma de 1992 es neutro para la mitad de los cultivadores de cereales nacionales que ejercen su actividad en las ocho zonas tradicionales productoras de trigo duro.

Conclusiones

La superficie cultivada de trigo duro a nivel nacional se concentra en su totalidad en las ocho zonas tradicionales productoras donde pasa a representar el 20,96 % de la superficie cultivada de cereales de invierno en 1992 cuando era tan solo el 3,65 % en 1982. Destacan los incrementos en superficie de Andalucía, Zaragoza y Badajoz que concentran el 90 % del total cultivado.

La respuesta de superficie sigue un modelo cuadrático con elasticidades prima crecientes en el tiempo con aumentos de superficie de hasta el 43,9 % para un incremento de la prima del 10 %.

CUADRO 8
BALANCA DE RENTAS POR ZONAS PRODUCTORAS (1)

	Incrementos trigo duro		Bajadas otros cereales	
Zona	Sup. (ha)	Ingresos (ptas.)	Sup. (ha)	Perdidas (ptas.)
Andalucía	241.132	10.339.875.129	425.914	6.873.400.132
Zaragoza	110.628	3.236.496.228	253.081	7.344.663.701
Navarra	8.474	343.485.812	-2.101	-36.004.837
Badajoz	41.007	1.758.731.746	100.185	1.453.884.720
Toledo	24.134	1.183.916.172	987	15.166.824
Burgos	-5.705	-107.285.432	14.441	157.912.335
Zamora	590	24.286.509	17.782	442.167.212
Salamanca	-405	-5.427.432	11.138	76.462.370
Total	419.855	16.773.078.732	821.418	16.327.652.457
	Los cerealicultores mantienen la rentabilidad en la CE			

(1): Base 1992 - Base 1985
Fuente: Elaboración propia a partir de MAPA - SGT (1990), MAPA SGT (1988 hasta 1994) y BOE (1994).

CUADRO 9
SALDO Y RENTA POR CEREALICULTOR A NIVEL PROVINCIAL

Zona	Saldo (1)	Productores	Renta per capita
Andalucía	3.466.474.997	104.225	33.260
Zaragoza	-4.108.167.473	27.202	-151.024
Navarra	378.490.649	19.672	19.240
Badajoz	304.847.026	26.547	11.483
Toledo	1.168.749.348	23.414	49.917
Burgos	-265.197.767	14.478	-18.317
Zamora	-417.880.703	19.974	-20.921
Salamanca	-81.889.802	11.677	-7.013
Total	445.426.275	247.190	1.802

(1): Suma algebraica de Ingresos y Perdidas
Fuente: Elaboración propia

Con la actual política agraria de la Unión Europea, tras la reforma de 1992 y con los datos reales del primer año de la aplicación, los productores españoles de trigo duro, tienen garantizados sus ingresos, por el mero hecho de sembrar y declarar la superficie de siembra, en una gama entre el 42,2 % y el 60,6 %, dejando tan sólo como riesgo empresarial de vender la cosecha en el mercado una cantidad de sus ingresos entre el 57,8 % y el 39,4 %.

Más de la mitad de los ingresos proceden de las subvenciones de explotación en concepto de pago compensatorio para sostenimiento de rentas y de prima por superficie cultivada.

Otra conclusión de importancia es que el cerealicultor de zonas peores y en peores años tiene una mayor seguridad en sus ingresos (60,6 % de subvenciones), frente a los semoleros de zonas más fértiles y en años buenos, con un mayor riesgo en sus ingresos (42,2 % de subvenciones). La política agraria comunitaria de trigo duro es de gran efectividad para asegurar rentas frente a riesgos naturales, condiciones ambientales adversas y riesgos de comercialización.

El balance de rentas para el conjunto de los cereales de invierno nos permite concluir que para el conjunto de las ocho zonas productoras de trigo duro y para el período de siete años transcurrido desde la adhesión a la Comunidad Europea hasta la reforma de 1992, ha tenido lugar cese de actividad, reestructuración y abandono de superficie cultivada de cereales, pero los empresarios cerealistas que permanecen en activo mantienen sus rentas.

Los productores de trigo duro ya no responden a las expectativas racionales de mercado, sino a las expectativas de captar cuota de superficie para asegurar ingresos y minimizar riesgos, desempeñando el mercado un papel subsidiario en sus fuentes de ingresos.

Bibliografía

ALBIAC, J. 1995. "Cereales y oleaginosas ante la reforma de la PAC y la liberalización del comercio,

Investigación Agraria" - *Economía,* Vol. 10 (1), 91-102.

ALCAIDE, A.; ALVAREZ, N., 1992. *Econometría, modelos deterministas y estocásticos.* Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A., 585 pp.

ASTORQUIZA, I.; ALBISU, L.M. P1993. "Análisis econométrico de superficies y rendimientos de Trigo, Cebada y Maíz cultivados en España (1959-1985)" *Monografía INIA* número 86, 108 pp.

BARCELO, L.V. 1994. "Estrategias para la agricultura española tras la Ronda Uruguay". *Papeles de Economía Española* N.º 60/61, 15-28.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 1994. Índices de precios al consumo, n.º 31, 19585-19586.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 1995. Ley 19/1995 de Modernización de las Explotaciónes Agrarias, 5 de julio.

BRIZ, J.; MARTÍN, M. 1991. "El sector cerealista español: Un análisis econométrico de las medidas de política agraria, Investigación Agraria" - *Economía,* Vol. 6 (1), 53-74.

FERNÁNDEZ DE CORDOVA, Y. 1996. *Aspectos civiles y fiscales y de la Ley de julio de 1995, de Modernización de las Explotaciones Agrarias.* Asociación Española de Derecho Agrario, 23-28.

HERNANDO, J. 1983. "La Mejora varietal de cereales de invierno para el secano español". *Primeras Jornadas Técnicas de Cereales de Invierno,* 51-67.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1972-1993. *Anuarios de Estadística Agraria,* 679 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN-SGT, 1990. *Precios de venta de productos agrarios y de compra de medios de producción* (series 1969-1988), 592 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN-SGT, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994. "Precios percibidos por los agricultores por Comunidades Autónomas y por Provincias". *Documentos de trabajo.*

MINISTERIO DE HACIENDA, 1996. *Informe del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agriculutra y la Alimentación sobre «El Desarrollo de la Agricultura en España»,* Servicio de Publicaciones, 226 pp.

PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA, SUPLEMENTO n.º 60/61, 1994." La nueva Política Agraria Común y los Acuerdos del GATT. Desarrollo y Futuro de la Política Agraria Común". Propuesta de la Comisión, 19-63.

PÉREZ, C., 1996. *Econometría y análisis estadístico multivariable con Statgraphics, técnicas avanzadas.* Ra-Ma Editorial, 31-173.

SERVICIO NACIONAL DE PRODUCTOS AGRARIOS (SENPA), 1986 hasta 1995. Campañas de comercialización de cereales. Folletos divulgativos.

(Aceptado para publicación 25 de octubre de 1996)

ITEA (1997), Vol. 93V N.º 1, 49-64

EL ESCALDADO SUPERFICIAL DE LA MANZANA

Y. Soria
I. Recasens

Área de Postcollita. CeRTA.
Centro UdL-IRTA. Lleida
Av. Alcalde Rovira Roure, 177
25198 Lleida. España

RESUMEN

El escaldado superficial es una alteración fisiológica que se manifiesta en la epidermis de los frutos y que puede originar elevadas pérdidas económicas. El conocimiento del origen del escaldado así como de los factores que predisponen al mismo constituyen una importante ayuda para su control. En el presente trabajo se realiza una amplia revisión bibliográfica en la que se incluye el origen bioquímico del escaldado, los factores fisiológicos, ambientales y de almacenamiento que influyen en la alteración y diversos métodos de control, desde los más ampliamente utilizados, como son los antioxidantes difenilamina y etoxiquina, hasta los más novedosos, consistentes en las atmósferas controladas con bajo oxígeno. Aunque los tratamientos químicos no pueden ser de momento totalmente eliminados, la preocupación cada vez mayor por los residuos así como los buenos resultados obtenidos con métodos físicos parecen indicar que el control del escaldado superficial en un futuro próximo se llevará a cabo únicamente con dichos métodos.

Palabras clave: Escaldado superficial, α-farnaseno, Hidroperóxidos trieno conjugados, Antioxidantes, Atmósferas controladas.

SUMMARY
SUPERFICIAL SCALD IN APPLES

Superficial scald is a physiological disorder that appears on the skin (epidermis) of fruits and can originate substantial economic loss. Understanding the etiology of sclad and the factors that predispose fruits to it will help to control scald. This paper reviews scald biochemistry, influential factors , including physiological, preharvest and storage factors, and control methods, from those more widely used –like diphenylamine and ethoxiquin antioxidants– to the more recent ones – like low oxygen controlled atmosphere storage. At present, agricultural chemicals cannot be totally eliminated in scald control, but the increase of residues problem and the good results obtained with non-chemical treatments suggest that non-chemical control may be essential in the future.

Key words: Superficial scald, α-farnesene, Conjugated triene hydroperoxides, Antioxidants, Controlled atmosphere storage.

Introducción

El escaldado superficial es una alteración fisiológica de la epidermis de las manzanas y peras que se manifiesta después de su conservación frigorífica. Esta alteración también se conoce con los nombres de escaldadura, scald, escaldado común o simplemente escaldado y se considera como la verdadera escaldadura frente a otras similares como son el escaldado blando, el de senescencia, la escaldadura solar, la escaldadura por dióxido de carbono y el escaldado lenticelar.

Los síntomas del escaldado superficial se manifiestan por la aparición de manchas pardas de bordes difusos y de color más o menos intenso que afectan la epidermis del fruto sin dañar a la pulpa, en porcentaje variable según la gravedad de la incidencia. Sin embargo, en determinadas circunstancias el pardeamiento se acentúa muy rápidamente, incluso puede volverse granuloso, hundiéndose un poco las partes más afectadas. Así, en variedades sensibles el pardeamiento puede alcanzar las capas celulares subyacentes si los frutos se mantienen durante algún tiempo a temperatura ambiente después de la conservación frigorífica, sobre todo para las salidas tardías y también en el caso de recolecciones prematuras.

A pesar de no afectar el sabor ni la textura del fruto, el escaldado reduce su valor comercial causando daños variables que pueden llegar a ser muy elevados. En algunas zonas está considerada como una fisiopatía muy grave que en casos concretos ha llegado a provocar un desastroso nivel de pérdidas de hasta el 50 % de la fruta almacenada en cámaras frigoríficas.

Origen bioquímico y desarrollo del escaldado

La causa bioquímica del escaldado es compleja y no del todo conocida. A principios de siglo (1919) Brooks y colaboradores propusieron que la acumulación en la piel de sustancias volátiles generadas por la manzana provocaba el escaldado superficial en los frutos almacenados. Años más tarde se identificó el α-farnaseno como el compuesto volátil inductor del escaldado en la piel del fruto (Murray *et al.*, 1964; Huelin, Murray, 1966). Este compuesto es un sesquiterpeno biosintetizado a partir del farnesil pirofosfato vía farnesol.En 1968, Huelin y Coggiola comprobaron que no era el α-farnaseno sino su oxidación a hidroperóxidos trieno conjugados (Conjugated Triene Hydroperoxides ó CTH) lo que estaba relacionado con el desarrollo del escaldado. Estos compuestos alteran las células epidérmicas causando su desorganización y muerte, y por tanto la decoloración de la piel.

A partir de entonces se desarrollaron numerosos estudios in vitro de la oxidación del α-farnaseno en hexano. Anet (1969) separó dos CTH de α-farnaseno peroxidado in vitro presentando ambos máximos de absorción a 251, 260, 269 y 281 nm. Huelin y Coggiola (1970a) y Meir y Bramlage (1988) observaron similares máximos de absorción (a valores de 258, 269 y 281 nm) a partir de extractos de hexano de superficies de frutos escaldados. Se supuso que estos máximos representaban los CTH en la epidermis. Dados los altos valores de absorbancia de fondo a 260 nm y con el fin de evitar enmascaramientos de CTH, Anet (1972) propuso medir únicamente a 281 nm. Además, debido a las interferencias a esta última longitud de onda, propuso determinar la absorbancia a 290 nm. Desde ese momento, el valor de la densidad óptica a

281 nm menos la densidad óptica a 290nm ($DO_{281-290}$) ha sido utilizado repetidamente para calcular la concentración de los hidroperóxidos trieno conjugados en la piel de los frutos.

Las correlaciones entre $DO_{281-290}$ y la incidencia de escaldado constituyen la base de la generalizada hipótesis según la cual el α-farnaseno se peroxida a CTH, lo cual conduce a la destrucción celular y a la manifestación de la fisiopatía. Recientemente han sido identificados los compuestos trieno conjugados los cuales han sido extraídos de la capa cerosa de las manzanas y separados por Cromatografía gaseosa- Espectrometría de masas (GC-MS) y Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) de fase normal y reversa (ROWAN *et al.*, 1995).

En 1988, MEIR y BRAMLAGE detectaron algunas incongruencias en coeficientes de correlación entre las absorbancias $DO_{281-290}$, $DO_{269-290}$ y $DO_{258-290}$ y la incidencia de escaldado. Sabiendo además que la oxidación del α-farnaseno en vivo puede dar lugar a una mezcla de hidroperóxidos compleja y variable según las condiciones de oxidación, DU y BRAMLAGE (1993) han modificado la hipótesis del papel de los CTH en el desarrollo de escaldado superficial. Estos autores han visto que concentraciones de CTH de extractos de hexano de la piel de los frutos, medidas a $DO_{281-290}$ (que denominan CT_{281}) no siempre se corresponden con concentraciones medidas a $DO_{258-290}$ (CT_{258}) y proponen que estas mediciones representan distintos grupos o especies de compuestos trieno conjugados, estando los compuestos CT_{269} influenciados por ambos grupos. Mientras que las concentraciones de CT_{281} están correlacionadas positivamente con el desarrollo del escaldado (HUELIN, COGGIOLA, 1970a, 1970b; MEIR, BRAMLAGE, 1988), las de CT_{258} se correlacionan de forma negativa. Si estas concentraciones se representan con el ratio CT_{258}/CT_{281}, en general, altos y bajos ratios están asociados de forma negativa o positiva respectivamente, con la incidencia de escaldado. Se propone que los CT_{281} producen metabolitos tanto tóxicos, es decir inductores del escaldado, como no tóxicos mientras que los CT_{258} representarían los metabolitos no tóxicos (DU, BRAMLAGE, 1993).

Según CURRY y KUPFERMAN (1993) en el desarrollo del escaldado se diferencian tres fases. La primera fase se da entre el primer y segundo mes de conservación frigorífica. Durante este periodo el α-farnaseno se autooxida, en presencia de oxígeno, dando alguno de los compuestos trieno conjugados. La formación de estos hidroperóxidos tiene lugar gracias a moléculas intermedias conocidas como radicales peróxidos las cuales son muy reactivas y capaces de inactivar proteínas, oxidar lípidos de membrana, formar polímeros y causar disfunciones orgánicas en la célula. La segunda fase en el desarrollo del escaldado está marcada por la reducción de los niveles de α-farnaseno debido a su autooxidación y por el incremento de los trieno conjugados que comienzan a dañar componentes celulares. Este proceso continúa durante uno o dos meses, normalmente sin síntomas visibles. El daño, sin embargo, es irreversible. La tercera y última fase se define cuando el daño en los tejidos es tal, que empiezan a aparecer manchas oscuras. Probablemente estas manchas se deben a la oxidación de polifenoles así como de lípidos de membrana que provoca alteraciones en la célula cada vez mayores y que culmina con la muerte celular.

DUVENAGE y DE SWARDT (1973) fueron los primeros autores en investigar la relación de los polifenoles en el escaldado superficial. Esta hipótesis parece interesante debido a la elevada cantidad de polifenoles presentes en la piel de la manzana y a su

capacidad de inducir reacciones de pardeamiento (PIRETTI *et al.,* 1996). El contenido de ciertos compuestos fenólicos de la piel, tipo glicósidos de quercitina, epicatequina, procianidina B2 y otros no identificados, disminuye progresivamente a la vez que incrementa el daño por escaldado (PIRETTI *et al.,* 1994). Para explicar el descenso de los glicosidos de quercitina, se ha planteado una hipotética relación entre la oxidación del α-farnaseno y la reducción de quercitina a moléculas tipo flavanes, la polimerización de las cuales daría lugar a compuestos proantocianidínicos (HASLAM, 1989a; PIRETTI *et al.,* 1994). Estos nuevos compuestos poliméricos podrían formar enlaces irreversibles con matrices proteicas de la piel escaldada (HASLAM *et al.,* 1989b, PIRETTI *et al.,* 1996). Si las membranas celulares estuviesen alteradas, la interacción entre los sustratos polifenólicos formados y las polifenoloxidasas produciría manchas oscuras en la piel, típicas del escaldado superficial (PIRETTI *et al.,* 1996).

Al ser el escaldado un proceso de oxidación depende de la disponibilidad de O_2 por parte del fruto así como de la actividad de los antioxidantes naturales del mismo. La relación de los antioxidantes respecto al α-farnaseno y a los trieno conjugados en el periodo de crecimiento del fruto puede ser de gran importancia en el desarrollo del escaldado durante el almacenamiento (EMONGOR *et al.,* 1994). Un amplio rango de antioxidantes naturales como algunos compuestos con grupos amino, grupos fenólicos o grupos sulfuro pueden inhibir la oxidación del α-farnaseno a CTH y por tanto el desarrollo del escaldado (ANET, COGGIOLA, 1974; JOHNSON *et al.,* 1986; MEIR, BRAMLAGE, 1988). La cantidad de antioxidantes necesaria depende de la cantidad de α-farnaseno producido antes y/o durante el almacenamiento (EMONGOR *et al,* 1994).

Factores de predisposición

Factores fisiológicos

La variedad es el primer y principal factor de predisposición. En manzanas son muy sensibles Granny Smith, Belleza de Roma, Stayman, Winesap, Idared y variedades del grupo Delicious. En peras son sensibles las variedades Anjou, Blanquilla, Alejandrina y Decana de Comice.

La diferente concentración de antioxidantes naturales en la piel del fruto puede marcar diferencias entre variedades en cuanto a la susceptibilidad al escaldado (MEIR, BRAMLAGE, 1988). Sin embargo, en el nivel de hidroperóxidos influye tanto la concentración de antioxidantes como la capacidad de síntesis de α-farnaseno por parte del fruto. El α-farnaseno es un constituyente de los aceites esenciales y de las ceras de muchos cultivos entre ellos las manzanas y las peras; el contenido y composición de dichos compuestos depende de la expresión genética del cultivo que a su vez está influída por los factores ambientales (BERNATH, 1986; EMONGOR, CHWEYA, 1989). La incidencia de escaldado aumenta paralelamente a la producción de α-farnaseno así como a la sensibilidad de las células a los efectos negativos de sus compuestos de oxidación. La diferencia varietal también viene marcada por la facilidad de intercambio gaseoso entre la atmósfera y el fruto, donde ejerce un papel importante la cutícula. Así, en Golden Delicious la superficie de la cutícula vista al microscopio electrónico presenta fuertes depresiones o grietas que favorecen los cambios gaseosos, lo que podría explicar la débil sensibilidad de esta variedad al escaldado.

Otro factor fisiológico muy importante es el estado de madurez en la recolección, de manera que la intensidad de la alteración

es tanto mayor cuanto más precoz haya sido la cosecha. ANET (1972) observó que los productos de oxidación del α-farnaseno se acumulaban con mayor rapidez en los frutos recolectados precozmente. Estos frutos no producen más α-farnaseno que los recolectados más tardiamente por lo que la mayor incidencia de escaldado sería debida a una menor eficacia de los antioxidantes presentes en el fruto. BARDEN y BRAMLAGE (1994a, 1994b) han realizado experiencias con frutos recolectados tardíamente o premadurados con etefón para determinar la concentración de antioxidantes que contienen en la piel. Se ha observado que en ambos tratamientos el nivel de antioxidantes aumenta y que el desarrollo del escaldado es notablemente menor en los frutos de recolección tardía y ligeramente menor en los tratados con etefón.

Existe una relación directa entre la pigmentación y la incidencia de escaldado. Cualquier razón que provoque una coloración incompleta, como frutos procedentes de la parte interior del árbol o frutos inmaduros, aumenta el riesgo. Es conocido que la parte verde del fruto está más estrechamente ligada al desarrollo de la fisiopatía que la roja. Si bien es cierto que la concentración de antocianos tiene una correlación negativa con la de CTH (BARDEN, BRAMLAGE, 1994b), experiencias con dos variedades mostraron que para valores muy desiguales de antocianos, el nivel de CTH fué el mismo. Por ello, el papel de los antocianos como antioxidantes hidrosolubles (WINSTON, 1990) es dudoso hoy en día. El tamaño del fruto también influye en la alteración. Los frutos grandes son más susceptibles al escaldado que los pequeños (FIDLER, 1956; GINSBURG, 1961; SMOCK, 1961) probablemente debido a su menor nivel de calcio que en general predispone a desórdenes durante el almacenamiento (FERGUSON, WATKINS, 1992).

Factores ambientales durante el desarrollo del fruto

Mientras que la susceptibilidad varietal al escaldado está muy ligada a la concentración de antioxidantes endógenos, la actividad de los mismos puede estar muy influenciada por los factores ambientales antes de la cosecha (MEIR, BRAMLAGE, 1988). De entre éstos se distinguen la climatología, la nutrición mineral y los tratamientos químicos.

El clima tiene una clara influencia en la aparición de escaldado, debido a la acción conjunta de diversos parámetros como son la temperatura, humedad, insolación, etc. Parece ser que la temperatura ambiente antes de la cosecha es el factor determinante a la hora de predisponer el fruto a la incidencia de escaldado. En general, temperaturas bajas tienden a reducir el escaldado mientras que las altas lo inducen. También es importante el contraste de temperaturas en las 4-6 semanas previas a la recolección; dicho contraste favorece la coloración de los frutos y por tanto incide negativamente sobre el escaldado. Según BARDEN y BRAMLAGE (1994c) temperaturas bajas previas a la cosecha pueden ser más efectivas para reducir la susceptibilidad al escaldado que la acumulación de antioxidantes en la piel del fruto.

En zonas de clima seco el riesgo de escaldado es mayor que en climas húmedos. Asimismo el déficit de agua está directamente relacionado con la incidencia de esta alteración. Se sabe que el estrés hídrico afecta a la naturaleza de la piel del fruto, ya que puede aumentar la formación y acumulación de aceites esenciales y ceras como

mecanismo para reducir la pérdida de agua. En variedades coloreadas, una buena insolación e aireación ayudan a obtener una correcta pigmentación antociánica por lo que, indirectamente, perjudican el desarrollo de escaldado. BARDEN y BRAMLAGE (1994a) han observado que reduciendo la intensidad de la luz desciende la concentración de antioxidantes en la piel y aumenta la susceptibilidad al escaldado.

La nutrición mineral no es muy decisiva pero un aporte excesivo de nitrógeno (rebasando las 200-250 unidades/ha) favorece la aparición de la fisiopatía. La fertilización nitrogenada incrementa el nivel de α-farnaseno, entre otros terpenos, en los aceites esenciales (FRANZ, 1983; EMONGOR, 1988). Por contra, el fósforo reduce la susceptibilidad al escaldado ya que disminuye el contenido de α-farnaseno en los aceites esenciales (EMONGOR, 1988). También se ha comprobado que las manzanas con bajos contenidos de calcio y/o altos contenidos de potasio son más sensibles al escaldado. DRAKE *et al.* (1979) y BRAMLAGE *et al.* (1985) correlacionaron negativamente el nivel de calcio en el fruto con el nivel de escaldado. Según BRAMLAGE *et al.* (1974) el riesgo al escaldado aumenta cuando el nivel de calcio en la piel es menor de 700 mg l^{-1}.

Los tratamientos químicos que se aplican en el campo son tan variados que se hace muy difícil establecer globalmente los efectos de los mismos. Mención aparte puede hacerse para comentar la influencia de los tratamientos hormonales en el desarrollo de escaldado. Tratamientos precosecha con etefón para inducir la maduración han reducido tanto el porcentaje como la intensidad de escaldadura en el fruto. DU y BRAMLAGE (1994) han estudiado el papel del etileno en los cambios bioquímicos que preceden al desarrollo de escaldado después del almacenamiento en frío. Para ello se realizaron tratamientos con etefón antes, después o en el momento de la cosecha. El etefón provocó en el fruto respuesta a corto y a largo plazo. Al principio se estimuló la producción de etileno, α-farnaseno y CTH en la piel, lo cual podría favorecer el escaldado; más tarde, durante el almacenamiento en frío, el nivel de los compuestos CT_{258} incrementó muy por encima del de los CT_{281}, lo cual está asociado con una reducción de la fisiopatía. Estos resultados sugieren que el etileno está relacionado con la incidencia de escaldado.Tratamientos con daminozida o con paclobutrazol para controlar el desarrollo vegetativo del árbol favorecen la aparición de escaldado durante la frigoconservación en manzanas Starking Delicious (ARBIOL *et al.*, 1991; GRAELL, RECASENS, 1992) debido probablente a la recolección del fruto en un estado menos avanzado del desarrollo por la acción de los retardantes del crecimiento.

Factores de conservación

Recientemente, se ha considerado al escaldado como una típica enfermedad del frío. Existen diversos hechos que parecen soportar esta hipótesis: 1) Muchos estudios demuestran que el escaldado se desarrolla a temperaturas por debajo de los 15 °C. 2) La relación tiempo-temperatura de almacenamiento influye en la expresión de los síntomas. Así, mientras que a temperaturas cercanas a 10 °C el escaldado se desarrolla antes, al bajar la temperatura el daño es más severo. 3) Tratamientos que controlan el escaldado (antioxidantes, atmósferas controladas, tratamientos de calor) también inhiben el desarrollo en el fruto de daños por frío (WANG, 1993). WATKINS *et al.* (1995) comprobaron que la concentración de CTH en manzanas Granny Smith alamacenadas era más elevada a 0 y 4 °C que a 10,



Figura 1. Manzanas Granny Smith afectadas con escaldado superficial, después de tres meses y medio de frigoconservación a 0°C en atmósfera convencional y tras cinco días a temperatura ambiente

15 y 20 °C. Mantener los frutos a 10 °C durante 5 días antes de la conservación frigorífica no redujo el escaldado pero una interrupción del almacenamiento a 0 °C con un periodo de calentamiento de 3-5 días a 20 °C sí lo hizo. Estos resultados llevaron a los autores a concluir que el frío induce el escaldado superficial en manzanas Granny Smith. Por lo tanto, existe más riesgo de escaldadura cuanto más baja sea la temperatura de conservación, dentro del rango permitido por la variedad. Sin embargo, aunque las temperatura bajas inducen el escaldado, también retrasan su aparición.

En cuanto a la concentración gaseosa, la incidencia de escaldado es mayor en atmósfera convencional que en atmósfera controlada. Las condiciones favorables para conseguir un buen control de la fisiopatía consisten en mantener bajos niveles de oxígeno, hasta los límites permitidos para evitar fermentaciones, y altos niveles de dióxido de carbono justo por debajo del límite de toxicidad. La humedad relativa elevada reduce la transpiración y las pérdidas de peso, pero incide negativamente sobre el escaldado. Una buena recirculación del aire dentro de la cámara ayuda a frenar esta alteración. En cualquier caso, el peligro aumenta cuanto más larga sea la conservación.

Control del escaldado

Para combatir el escaldado lo ideal sería utilizar conjuntamente índices de predicción y métodos de control con el fin de reducir al máximo esta fisiopatía.

Previsión

Atendiendo a la influencia de los factores ambientales así como a la respuesta del tejido del fruto, ha sido posible desarrollar una serie de índices que predicen el potencial de escaldado en cámara.

Es conocido que las temperaturas bajas antes de la cosecha diminuyen la susceptibilidad al escaldado. MERRIT *et al.* (1961) encontraron que con 100 horas por debajo de 10 ºC antes de la cosecha, la susceptibilidad empezaba a disminuir y que con 150 horas, ésta era mucho menor. Resultados similares obtuvieron GORINI (1965) y BRAMLAGE y BARDEN (1989). Para MORRIS (1964) fué mejor utilizar como temperatura base 12,8 ºC. En otros casos se ha visto una buena relación de la temperatura entre 5 y 15 ºC y la incidencia de escaldado. Diversos autores han confirmado que el número de horas por debajo de 10 ºC es un buen índice para predecir el riesgo de escaldado, aunque ello dependerá de la variedad y zona de que se trate. Por ejemplo, BLANPIED *et al.* (1991) encontraron una buena relación entre el número de horas por debajo de 10 ºC y la severidad de escaldado en la variedad Starkrimson Delicious, mientras que LOUGHEED *et al.* (1992) vieron que en Mc Intosh y Delicious esta relación no era tan buena.

El estado de la maduración y más concretamente la fecha de recolección están reconocidos como buenos sistemas de previsión desde hace muchos años. WATKINS (1993) sugiere utilizar el índice de almidón para determinar el estado de madurez del fruto. Sin embargo para LAU (1993) las predicciones basadas en las horas por debajo de 10 ºC dan mejores resultados que las basadas en el índice de almidón. Otras medidas pueden ser la concentración de pigmentos antociánicos y el número de días después de máxima floración.También es posible combinar índices. Así, MORRIS (1964) y BLANPIED *et al.* (1991) obtuvieron una mejor predicción del escaldado usando el índice de madurez junto con las temperaturas anteriores a la cosecha.

MEIR y BRAMLAGE (1988) encontraron que la actividad antioxidante en el momento de la cosecha estaba relacionada más estrechamente con el desarrollo del escaldado que el nivel de α-farnaseno o de hidroperóxidos. Por ello, estos autores pensaron que el nivel de antioxidantes en la cosecha podría ser un buen índice químico para determinar la susceptibilidad al escaldado. Se correlacionaron los cambios en α-farnaseno, CTH y antioxidantes en la piel del fruto durante la maduración y almacenamiento con el desarrollo de la fisiopatía. Se encontró que el valor DO_{200} de extractos de hexano de la superficie del fruto representa la actividad antioxidante.

La experiencia realizada por Bramlage y colaboradores durante varios años, les ha llevado a la conclusión de que las horas por debajo de 10 ºC es mejor índice de predicción que el índice de almidón o el valor DO_{200}. En cualquier caso, la funcionalidad de estos índices viene determinada por las condiciones ambientales y por la variedad.

Métodos de control

Los posibles métodos de lucha tienen por objeto evitar la formación o favorecer la eliminación de α-farnaseno o bien impedir su oxidación. Se distinguen los métodos que se basan en tratamientos químicos de los que utilizan medios físicos.

Los primeros tratamientos químicos contra el escaldado superficial se hicieron envolviendo los frutos en papel impregnado de aceites minerales para absorber el α-far-

naseno del fruto. Esta técnica no siempre fué satisfactoria, además era costosa y necesitaba mucha mano de obra, por ello ha sido sustituida por el empleo de antioxidantes. Los aceites usados como antioxidantes dieron buenos resultados en las variedades FUJI y MUTSU (KANG, LEE, 1987). Recientemente se han probado diversos tipos de aceites vegetales como aceite de palma y de cacahuete aplicados manualmente en manzana Granny Smith. Estos tratamientos reducen el escaldado relacionándose el control más con un efecto físico que con la estructura química del aceite (SCOTT *et al.,* 1995b).

Las aplicaciones de antioxidantes intentan evitar la oxidación del α-farnaseno a hidroperóxidos, que en definitiva son los que originan el escaldado. Entre los diferentes antioxidantes que se han experimentado, la difenilamina (DPA) y la etoxiquina han demostrado ser los más eficaces. Actualmente, en España, ambos compuestos están autorizados y son los que más se usan en el control del escaldado. Los tratamientos suelen realizarse mediante baños o duchas. Según NARDIN (1985) la difenilamina es más efectiva y puede utilizarse a dosis más bajas. Así, en los tratamientos con baños para las variedades más sensibles, se utilizan entre 1500 y 2000 ppm de DPA o más de 2000 ppm de etoxiquina. CHEN y VARGA (1993) han estudiado la efectividad de tratamientos poscosecha con DPA mediante ducha a distintas dosis entre 500 y 2000 ppm, en peras Anjou. Los tratamientos sólo son efectivos si no se almacena el fruto más de 3 meses y además pueden causar fitotoxicidad. Varios investigadores han ensayado la termonebulización con DPA o con etoxiquina para controlar el escaldado obteniendo buenos resultados junto con un bajo nivel de residuos (CHAPON *et al.,* 1987; SIVE, RESNIZKY, 1989; LOTZ, COMBRINK, 1993a).

La legislación de los diferentes países cada vez es más exigente en cuanto al nivel de residuos permitido en los frutos. Ello conlleva a que, además de nuevos métodos de aplicación, se ensayen otros antioxidantes autorizados para el uso alimentario, como el ácido ascórbico, el butilhidroxitolueno (BHT) o los tocoferoles, con más o menos éxito según los casos. LOTZ y COMBRINK (1993b) probaron diversos antioxidantes naturales (palmitato de ascorbilo, α-tocoferol, aceite de sésamo) y otros sintéticos (BHT, Butilhidroxianisol) y compararon su eficacia con la del DPA. Según estos ensayos, el DPA sigue siendo, con diferencia, el tratamiento más efectivo. BLANPIED (1993) consiguió buenos resultados con BHT, incrementando la dosis hasta 5000 ppm así como el número de tratamientos poscosecha.

La aplicación de ceras en manzanas, utilizadas para mejorar su conservación y presentación externa, ha resultado ser parcialmente eficaz para el control del escaldado común. Se han señalado resultados similares con films de naturaleza polisacárida tales como Semperfresh, Pro-long, etc. Para KERBEL *et al.* (1989), el tratamiento con Semperfresh no redujo el desarrollo del escaldado y en los frutos de cosechas tempranas agravó la incidencia. En otros casos se han obtenido buenos resultados, tanto si se usa el recubrimiento sólo (KOKSAL *et al.,* 1994; LAU, MEHERIUK, 1994) como si se combina con antioxidantes. Tratamientos de Semperfresh con palmitato de ascorbilo o con galato de n-propilo disminuyeron la incidencia de escaldado en la variedad Red Chief y Golden Delicious (BAUCHOT *et al.,* 1995). Con BHT a concentraciones por encima de 750 ppm más Semperfresh el escaldado descenció de forma significativa según KALLAY y SASS (1994).

El tratamiento precosecha con etefón puede reducir ligeramente la incidencia de escaldado, sobre todo cuando la predisposición a la fisiopatía no es elevada (LURIE *et al.,* 1987), pero no es una solución definitiva. Los tratamientos con calcio pueden ayudar a reducir el escaldado. SHARPLES *et al.* (1979) vieron que el escaldado se controlaba de forma efectiva con baños poscosecha de 0,25 M de $CaCl_2$. Si además del baño con calcio se realiza un calentamiento de los frutos previamente a su entrada en cámara, ambos tratamientos actúan de forma sinérgica en la reducción de la severidad del escaldado (KLEIN, LURIE, 1994). Por otro lado, VANG-PETERSEN (1990) no encontró relación alguna entre frutos tratados con calcio aplicado por pulverización en campo y el desarrollo de escaldado. Se ha podido controlar el escaldado superficial en manzanas Granny Smith con un tratamiento de vapor de etanol a dosis de 0,5 o 1 g fruto^{-1}. Para evitar la contaminación cruzada con el etanol, los frutos se almacenaban en bolsas de polietileno (SCOTT *et al.,* 1995a).

Aunque la difenilamina y la etoxiquina normalmente reducen la incidencia de escaldado, no siempre proporcionan un completo control (LAU, 1990). Por otra parte, es creciente la preocupación por el medio ambiente y la salud, reflejada en el nivel de residuos no sólo en el fruto sino también en la naturaleza. La limitación y seguramente la futura prohibición de los antioxidantes químicos utilizados ha obligado a buscar métodos de tipo físico para el control del escaldado. Tratamientos físicos previos al almacenamiento y determinadas condiciones de atmósfera controlada parecen ser prometedoras alternativas al uso de compuestos químicos.

Se han probado diferentes tratamientos de calor para reducir el escaldado. Según MORAS *et al.* (1980), una premaduración de la manzana Granny Smith antes del almacenamiento en frío ejerce una reducción muy eficaz del escaldado. La duración del tratamiento (entre 8 y 15 días) depende de la fecha de recolección y la temperatura debe situarse entre 18 y 20 °C. LURIE y KLEIN (1993) probaron distintas temperaturas y tiempos de tratamiento de manera que 38 °C durante 72 horas y 46 °C durante 12 horas, resultaron ser tan efectivos como las aplicaciones de DPA en la prevención del escaldado de manzanas almacenadas 6 meses en atmósfera controlada más 2 meses en atmósfera normal. Incluso en otros casos (PIRETTI *et al.,* 1994) el tratamiento físico (20 °C durante 10 días) fue más efectivo que el químico (DPA, 2000 ppm). Esto podría ser debido a que el tratamiento de calor inhibe la acumulación tanto de α-farnaseno como de CTH, mientras que el DPA solamente inhibe los CTH (EMENGOR *et al.,* 1994). CURRY (1989) realizó baños con agua caliente y comparó diversas temperaturas (20, 30, 40, 50 y 60 °C). 50 °C durante 60 segundos fué el mejor tratamiento, aunque sólo se consiguió una reducción aceptable del nivel de escaldado en cosechas tardías. A 60 °C, el sistema antioxidante natural del fruto sufría un considerable daño.

Desde hace unos diez años, se ha desarrollado la posibilidad de reducir el etileno presente en la atmósfera de la cámara hasta niveles de 1 ppm con el fin de mantener la calidad del fruto y reducir la incidencia de escaldado. Sin embargo los resultados no son consistentes para diferentes años y autores. Algunas veces, manteniendo la concentración de etileno por debajo de 1 ppm se lograron buenos resultados a la hora de reducir la fisiopatía (KNEE, HATFIELD, 1981) pero en otros casos no (LAU, 1990). Asimismo, GRAELL y RECASENS (1992) estudiando el barrido de etileno en dos campañas sucesivas, obtuvieron un resultado

satisfactorio en la primera, pero no en la segunda.

La atmósfera controlada tradicional (aproximadamente 3% O_2 / 5% CO_2) permite mantener la calidad del fruto a lo largo de su almacenamiento. En los últimos años se ha visto que si se disminuye la concentración de estos gases, la calidad se mantiene aún mejor y que algunos desórdenes, como el escaldado y el bitter-pit, se reducen. Por contra, pueden aparecer nuevas lesiones. A niveles de O_2 demasiado bajos la respiración pasa de ser aeróbica a anaeróbica, produciéndose etanol y acetaldehido. También puede verse reducida la capacidad de producir aromas por parte del fruto una vez finalizada la conservación (KE, KADER, 1989).

La biosíntesis de α-farnaseno y su oxidación a CTH puede estar inhibida tanto por bajos niveles de oxígeno como por altos niveles de dióxido de carbono (BEN-ARIE *et al.*, 1993; BLANPIED, CREASY, 1993). Según estos autores, manteniendo un 10% de CO_2 y 10-15% de O_2 (para evitar daños por CO_2) se pudo controlar el escaldado. En otros casos, un 6-8% de CO_2 fue suficiente para neutralizar este desorden (RASMUSSEN, 1990). Sin embargo, al colocar los frutos a temperatura ambiente se agravó el problema. Otro inconveniente del uso de concentraciones de CO_2 demasiado elevadas es que puede provocar pardeamiento del corazón, siendo Granny Smith una variedad especialmente sensible a esta alteración.

En cuanto al oxígeno, se ha visto que la reducción de los niveles de O_2 (Ultra Low Oxygen o ULO) pueden constituir un eficaz remedio para el control del escaldado. Para manzanas resultó ser más efectivo un nivel de O_2 del 1% frente al 2%. Además, para evitar la proliferación de la fisiopatía al trasladar los frutos a temperatura ambiente se combinó el ULO con el barrido de etileno (JOHNSON *et al.*, 1989). Por su parte, Nardin (1993) recomienda niveles de O_2 entre 0,9-1,2%, siempre que no se usen antioxidantes antes del almacenamiento. Igualmente en peras es mejor usar 1 o 2% de O_2 que 2,5% (FRANCILE, BATTAGLIA, 1992).

Otra técnica desarrollada con éxito para el control del escaldado ha sido someter al fruto a un estrés inicial de muy bajo oxígeno (ILOS) y/o de alto dióxido de carbono. Ya en 1985 se comprobó que un estrés inicial de O_2 (0-0,5%) seguido de una conservación en ULO (O_2 < 1,7%, O °C, 92-96% HR) conseguía reducir satisfactoriamente la sensibilidad al escaldado (LITTLE *et al.*, 1985). Comparando distintos estados de maduración del fruto, con un tratamiento ILOS más coservación ULO se obtuvieron niveles bajos de escaldado en todos los casos, mientras que sin el tratamiento inicial, solamente las manzanas almacenadas en ULO con un estado óptimo de maduración consiguieron un buen control (COMBRINK, 1993). Este estrés inicial de bajo O_2 / alto CO_2 inhibe la acumulación de α-farnaseno y CTH en la piel del fruto. El efecto inhibidor persiste durante la conservación pero puede desaparecer en atmósfera normal (CHEN *et al.*, 1993). Sin embargo, estos autores consiguieron un control total del escaldado en frutos sometidos a este estrés cuando, una vez fuera de la cámara, permanecieron 9 semanas en atmósfera normal a -1 °C y 7 días a 20 °C. El único inconveniente es que el elevado nivel de CO_2 puede provocar pardeamientos del corazón.

En cualquier caso, los resultados obtenidos con atmósferas con bajo oxígeno, sobre todo en la última década, son esperanzadores. Cabe señalar, sin embargo, que si bien se han obtenido conservaciones exitosas, se hace difícil una solución de aplicación universal, dada la necesaria y correcta consideración de diversos factores que influyen en

el grado final de escaldado: variedad, estado de madurez, periodo de almacenamiento, temperatura, nivel de O_2 y CO_2, principalmente.

MEHERIUK (1993) ha realizado un estudio sobre las condiciones en atmósfera controlada por variedades y paises. Concretamente, en España, para la variedad Granny Smith considera que las mejores condiciones son: 2,5% O2 / 4-5% CO_2 / 1 ºC. Finalmente, se pueden citar algunas recomendaciones que NARDIN (1993) considera importantes para que el control del escaldado, sin el uso de productos químicos, sea exitoso:

1. Que el fruto no sea recolectado antes del inicio del climaterio.

2. Puesta a punto inmediata de las condiciones de la atmósfera controlada.

3. Mantener una circulación de aire suficiente en la cámara (por lo menos 5-6 horas/día). Dejar pasillos entre hileras de envases y que éstos sean suficientemente abiertos.

4. Mantener una humedad relativa óptima (90-93% para la variedad Granny Smith).

5. No prolongar demasiado la estancia de la fruta a temperatura ambiente, una vez sale de la cámara (máximo 10-12 días).

Conclusiones

Aunque no está totalmente aclarado el origen bioquímico del escaldado superficial, la mayoría de los autores opinan que es un proceso oxidativo el que determina el desarrollo de la fisiopatía. Es importante considerar todos los compuestos que intervienen en dicho proceso, especialmente el contenido en α-farnaseno, hidroperóxidos trieno conjugados y antioxidantes naturales.

Para evitar el escaldado también hay que tener en cuenta los factores que condicionan esta oxidación, como son la variedad, estado de madurez, climatología, estado nutricional, tratamientos químicos y sistema de conservación. El control del escaldado debe pasar por un conocimiento previo de los factores de predisposición algunos de los cuales son utilizados como índices de predicción. Dada la necesidad de reducir el nivel de residuos, ha existido una evolución en los métodos de control, desde tratamientos químicos a físicos aunque los primeros no pueden ser de momento totalmente eliminados. Teniendo en cuenta que no pueden generalizarse los resultados obtenidos, los tratamientos físicos previos al almacenamiento y determinadas condiciones de atmósfera controlada parecen ser prometedoras alternativas al uso de compuestos químicos. Se propone seguir la investigación en esta línea.

Bibliografía

ANET, E.F.L.J. 1969. Autoxidation of α-farnesene. Austral. J. Chem., 22:2403-2410.

ANET, E.F.L.J. 1972. Superficial scald, a fuctional disorder of stored apples. IX. Effect of maturity and ventilation. J. Sci. Food Agric., 23:763-769.

ANET, E.F.L.J.; COGGIOLA, I.M. 1974. Superficial scald, a fuctional disorder of stored apples. X. Control of α-farnesene autoxidation. J. Sci. Food Agric., 25:293-298.

ARBIOL, E.; SALAS, J.; RECASENS, I., CANELA, I.; BLANCO, A. 1991. Influencia de la reducción de etileno en cámara sobre la calidad de manzanas Starking tratadas con paclobutrazol o etoxiquina. En: El etileno en la maduración y post-recolección de frutos y hortalizas. I. Recasens, J. Graell y M. Vendrell (Editores). 204-212 pp.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE,W.J. 1994a. Separating the effects of cool temperatures, ripening, and light on development of scald resistance in apples before harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119:54-58.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE, W.J. 1994b. Relationships of antioxidants in apple peel to changes in a-farnesene and conjugated trienes during storage, and to superficial scald development after storage. Postharvest Biology and Technology., 4:23-33.

BARDEN, C.L.; BRAMLAGE, W.J. 1994c. Accumulation of antioxidants in apple peel as related to preharvest factors and superficial scald susceptibility of the fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119(2):264-269.

BAUCHOT, A.D.; JOHN P.; SORIA, Y.; RECASENS, I. 1995. Sucrose ester-based coatings formulated with food-compatible antioxidants in the prevention of superficial scald in stored apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 120(3):491-496.

BEN-ARIE, R.; LEVIN, A., ZUTKHI, Y. 1993. Elevated CO_2 for control of superficial scald on CA-stored apples. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 42-43.

BERNATH, J.B. 1986. Production ecology of secondary plant products. En: E.C. Cracker and J.E. Simon (Editors), Herbs, Spices and Medicinal Plants. Recent advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology. Vol. 1, Oryx Press, Phoenix Ariz., pp.185-234.

BLANPIED, G.D. 1993. Effect of repeated postharvest of butylated hydroxytoluene (BHT) on storage scald apples. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol. 2. 466-469.

BLANPIED, G.D.; BRAMLAGE, W.J.; CHU, C.L.; INGLE, M.; KUSHAD, M.M.; LAU, O.L.; LIDSTER, P.D. 1991. A survey of the relationships among accumulated orchard hours below 10 °C, fruit maturity, and the incidence of storage scald on Starkrimson Delicious apples. Can. J. Plant Sci., 71:605-608.

BLANPIED, G.D.; CREASY, L.L. 1993. Concentrations of farnesene and conjugated trienes in the skin of Cortland apples stored in 2% and 4% oxygen with 1%, 3% and 5% carbon dioxide at 2,2 °C. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 481-486.

BRAMLAGE, W.J.; BARDEN, C.L. 1989. Predictability of scald susceptibility of apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 137-143.

BRAMLAGE, W.J.; DRAKE, M.; BAKER, J.H. 1974. Relationships of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 99:376-378.

BRAMLAGE, W.J.; WEIS, S.A., DRAKE, M. 1985. Predicting the occurrence of poststorage disorders of McIntosh apples from preharvest mineral analyses. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110:493-498.

BROOKS, C.; COOLEY, J.S.; FISHER, D.F 1919. J. Agric. Res. 18:221.

CHAPON, J.F.; NGUYEN, C., BOMPEIX, G. 1987. Apple scald. Treatment with diphenylamine applied by thermofogging. Infos, Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Légumes, 33:21-23.

CHEN, P.M.; VARGA, D.M. 1993. Reevaluating DPA postharvest drenching of Anjou pears to control superficial scald disorder. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 35-38.

CHEN, P.M.; VARGA, R.J.; XIAOY, Q. 1993. Inhibition of a-farnesene biosynthesis and its oxidation in the peel tissue of d'Anjou pears by low O_2 / elevated CO_2 atmospheres. Postharvest Biology and Technology, 3:215-223.

COMBRINK, J.C. 1993. Control of superficial scald of apples by ultra-low and stress levels of oxygen as an alternative to diphenylamine. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 470-480.

CURRY, E.A. 1993. Scald reduction in Granny Smith apples with hot water. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 31-32.

CURRY, E.A., KUPFERMAN, E.M. 1993. A systems approach to scald control. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 3-5.

DRAKE, M.; BRAMLAGE, W.J.; BAKER, J.H.; 1979. Effects of foliar calcium on McIntosh apple storage disorders. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 10:303-309.

DU, Z.; BRAMLAGE, W. J. 1993. A modified hypothesis on the role of conjugated trienes in superficial scald development on stored apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 118:807-813.

DU, Z.; BRAMLAGE, W.J. 1994. Roles of ethylene in the development of superficial scald in Cortland apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 119(3):516-523.

DUVENAGE, A.J.; DE SWARDT, G.H. 1973. Superficial scald on apples: the effect of maturity and diphenylamine on the flavonoid content in the skin of two cultivars. Z. Pflanzenphysiol., 70:222-234.

EMONGOR, V.E. 1988. The effect of nitrogen and phosphorus on growth, yield of flowers, and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown under Kenyan conditions. Master of Science Thesis, Faculty of Agriculture, University of Nairobi, 131pp.

EMONGOR, V.E.; CHWEYA, J.A. 1989. Effect of plant age on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flower yield, essential oil content and composition. Discovery Innovation J. , 1(4):63-66.

EMONGOR, V.E.; MURR, D.P., LOUGHEED, E.C. 1994. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald. Postharvest Biology and Technology, 4:289-300.

FERGUSON, I.B.; WATTKINS, C.B. 1992. Crop load effects on mineral content and incidence of bitter pit in Cox's Orange Pippin apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 117:373-376.

FIDLER, J.C. 1956. Scald and weather. Food Sci. Abstr., 28:545-554.

FRANCILE, A.S.; BATTAGLIA, M. 1992. Control of superficial scald in Beurré d'Anjou pears and Granny Smith apples. Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, 86(2):397-410.

FRANZ, C. 1983. Nutrient and water management of medicinal and aromatic plants. Acta Hortic., 132:203-215.

GINSBURG, L. 1961. Superficial scald and its control on South African apples. Symposium on Refrigerated Storage of Fruits and Vegetables, Wageningen, May 23-26. Int. Inst. Refrig. Bull., Annex 1961-1, 179-193 pp.

GORINI, F.L. 1965. Influenze della temperatura pre-reccolta sul riscaldo della mella Stayman. Rio Ortoflorofruttic. Ital., 49:290-294.

GRAELL, J.; RECASENS, I. 1992. Effects of ethylene removal on Starking Delicious apple quality in controlled atmosphere storage. Posharvest Biology and Technology, 2:101-108.

HASLAM, E. 1989a. Proanthocyanidins. In: Plant Polyphenols - Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 14-89.

HASLAM, E. 1989b. Polyphenol complexation. In: Plant Polyphenols - Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 154-219.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1968. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IV. Effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of α-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agr., 19:297-301.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1970a. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V. Oxidation of α-farnesene and its inhibition by diphenylamine. J. Sci. Food Agr., 21:44-48.

HUELIN, F.E.; COGGIOLA, I.M. 1970b. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. VII. Effects of applied farnesene, temperature, and diphenylamine on scald and the concentration and oxidation of a-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agr., 21:584-589.

HUELIN, F.E.; MURRAY, K.E. 1966. α-Farnesene in the natural coating of apples. Nature (London), 210: 1260-1261.

JOHNSON, D.; KNEE, M.; SMITH, S.; DOVER, C. 1986. Mesures to take to combat scald. Grower. 106(16): 45-47.

JOHNSON, D.S.; PRINJA, J.; SMITH, S.M. 1989. The use of controlled atmosphere (CA) conditions for the control of bitter-pit and superficial scald in Bramley's Seedling apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 157-168.

KALLAY, T.; SASS, P. 1994. New measures against superficial scald of apples. Acta Hortic., 368:220-224.

KANG, S.D.; LEE, S.K. 1987. Nature and control of apple during cold storage. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 28(4):343-351.

KE, D.; KADER, A.A. 1989. Tolerance and responses of fresh fruits to oxygen levels at or below 1%. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.2. 209-216.

KERBEL, E.L.; MITCHELL, F.G.; KADER, A.A.; MAYER, G. 1989. Effects of Semperfresh coating on post-

harvest life, internal atmosphere modification and quality maintenace of Granny Smith apples. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 247-254.

KLEIN, J.D.; LURIE, S. 1994. Time, temperature, and calcium interact in scald reduction and firmness retention in heated apples. Hortscience, 29(3):194-195.

KNEE, M.; HATFIELD, S.G.S. 1981. Benefits of ethylene removal during apple storage. Ann. appl. Biol., 98:157-165.

KOKSAL, A.I.; DUMANOGLU, H.; TUNA, N.; SASS, P. 1994. The effect of Semperfresh on the storage of Williams pear and Starkspur Golden Delicious apple cultivars. Acta Hortic. 368:793-801.

LAU, O.L. 1990. Efficacy of diphenylamine, ultra-low O_2, and ethylene scrubbing on scald control in Delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 115:959-961.

LAU, O.L. 1993. Prediction and non-chemical control of Delicious apple scald. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.1. 435-446.

LAU, O.L.; MEHERIUK, M. 1994. The effect of edible coatings on storage quality of McIntosh, Delicious and Spartan apples. Can. J. Plant Sci., 74(4):847-852.

LITTLE, C.R., TAYLOR, H.J.; MCFARLANE, F. 1985. Postharvest and storage factors affecting superficial scald and core flush of Granny Smith apples. Hortscience, 20(6):1080-1082.

LOTZ, E.; COMBRINK, J.C. 1993a. Thermofogging apples with DPA. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 21-23.

LOTZ, E.; COMBRINK, J.C. 1993b. Alternative antioxidants for control of superficial scald. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol. 4. Nº 2. 33-34.

LOUGHEED, E.C.; WILSON, K.; CHU, C.L.; WILEY, L.S.; TSCHANZ, R., COULING, S.; HUSTWIT, K.; SUTTON, N. 1992. Storage scald of Ontario apples. Can. J. Plant Sci., 72(4):1287-1288.

LURIE, S.; KLEIN, J.D. 1993. Prestorage heat and anaerobic treatments to control apple scald. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New York. Vol.2. 447-452.

LURIE, S.; MAIER, S.; BEN-ARIE, R. 1987. Superficial scald on Granny Smith apples: The effect of preharvest ethephon sprays. Alon Hanotea, 42(1):53-57.

MEHERIUK, M. 1993. CA Storage conditions for apples, pears and nashi. Proceedings from the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Ithaca, New Yok. Vol.2. 819-854.

MEIR, S.; BRAMLAGE, W.J. 1988. Antioxidant activity in Cortland apple peel and susceptibility to superficial scald after storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 113:412-418.

MERRITT, R.H.; STILES, W.C.; HAVENS, A.V.; MITTERLING, L.A. 1961. Effects of preharvest air temperatures on storage scald of Stayman apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 78:24-34.

MORAS, P.; CHAPON, J.F.; FERRE, G. 1980. L'echaudure de la pomme Granny Smith. Influence d'une prématuration avant l'entreposage et d'un traitement à l'éthoxiquine. L'Arboriculture Fruitère, 314:49-51.

MORRIS, J.R. 1964. The relationship of preharvest air temperature and several maturity indices to storage scald on Stayman and Rome Beauty apples. Ph. D. Diss., Rutgers Univ., New Brunswick, New Jersey.

MURRAY, K.E.; HUELIN, F.E.; DAVENPORT, J.B. 1964. Occurence of a-farnesene in the natural coating of apples. Nature (London). 204:80.

NARDIN, C. 1985. Post-harvest scald treatments with ethoxiquin and diphenylamine on different apple cultivars: effectiveness and residues. Trattamenti alla frutta dopo la raccolta, pp.39-56.

NARDIN, C. 1993. Control of scald of apples by ultralow oxygen storage. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 49-52.

PIRETTI, M.V.; GALLERANI, G.; BRODNIK, U. 1996. Polyphenol polymerisation involvement in apple superficial scald. Postharvest Biology and Technology, 8:11-18.

PIRETTI, M.V.; GALLENARI, G.; PRATELLA, G.C. 1994. Polyphenol fate and superficial scald in apple. Postharvest Biology and Technology, 4:213-224.

RASMUSSEN, P.M. 1990. Storage experiments with apples 1984-89. Tidsskrift for Planteavl., 94(1):39-49.

ROWAN, D.D.; ALLEN, J.M.; FIELDER, S.; SPICER, J.A.; BRIMBLE, M.A. 1995. Identification of conjugated triene oxidation products of a-farnesene in apple skin. J. Agric. Food Chem., 43:2040-2045.

SCOTT, K.J.; YUEN, C.M.C.; GHAHRAMANI, F. 1995a. Ethanol vapour- a new anti-scald treatment for apples. Postharvest Biology and Technology, 6:201-208.

SCOTT, K.J.; YUEN, C.M.C.; KIM, G.H. 1995b. Reduction of superficial scald of apples with vegetable oils. Postharvest Biology and Technology, 6:219-223.

SHARPLES, R.O.; REID, M.S.; TURNER, N.A. 1979. The effects of postharvest mineral element and lecithin treatments on the storage disorders of apples. J. Hortic. Sci., 54:299-304.

SIVE, A.; RESNIZKY, D. 1989. Thermal fogging with DPA and ethoxyquin. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington. Vol.1. 457-464.

SMOCK, R.M. 1961. Methods of scald control on the apple. Bull. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn., 970:1-55.

VANG PETERSEN, O. 1990. Calcium for apple trees. V. The effect of early spraying with calcium. Tidsskrift for Planteavl., 94(1):33-37.

WANG, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. Hort. Rev., 15:63-95.

WATKINS, C. 1993. Preharvest factors affecting superficial scald. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4. Nº 2. 16-20.

WATKINS, C.B.; BRAMLAGE, W.J. CREGOE, B.A. 1995. Superficial scald of Granny Smith apples is expressed as a typical chilling injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 120(1):88-94.

WINSTON, G.W.M. 1990. Physiochemical basis for free radical formation in cells: production and defenses. En: R.G. Alscher and Cucuming (Editors), Stress Responses in Plants. Adaptation and Acclimation Mechanisms. Wiley-Liss, Inc., New York, pp. 57-86.

(Aceptado para publicación el 21 de enero de 1997)

ITEA (1997), Vol. **93V N.º 1,** 65-73

COMPARACIÓN DE PROCESOS EROSIVOS EN SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL RADIOISÓTOPO CESIO-137

M.J. Cuesta Aguilar*
A. Delgado Cuenca**

* Becaria MEC, Programa I+D
Instituto de Desarrollo Regional
(Universidad de Granada)
C/ Rector López Argüeta, s/n.
C.P. 18.071 Granada (España)

** Químico. Empresa Aceites Jimena S.A.
Atarfe. Granada

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende evaluar el estado erosivo de los suelos provocado por las diferentes técnicas de manejo en el cultivo del olivar (cultivo sin labranza, laboreo tradicional, agricultura de conservación). El estudio se enmarca en la cuenca del río Guadajoz, afluente de la margen izquierda del Guadalquivir, que discurre por las provincias de Jaén y Córdoba (Andalucía, España).

La metodología se ha basado en el análisis de muestras mediante técnicas isotópicas, en concreto a través del radioisótopo Cesio-137.

Tras los resultados obtenidos, podemos concluir que la mayor parte de los mismos nos confirman la hipótesis previa, es decir, que a medida que aumenta la remoción del suelo (según el tipo de labranza), la tasa de erosión se incrementa. Sin embargo algunos de estos resultados no son compatibles con esta hipótesis por lo que es necesario recurrir a explicaciones basadas en otros aspectos.

Palabras clave: Erosión de suelos, Cultivo del olivar, Radioisótopo Cesio-137.

ABSTRACT
COMPARATION OF EROSIVE PROCESSES IN CULTIVATED SOILS USING THE RADIO-ISOTOPE CESIUM-137

In this study, soil erosion caused by different cultivation techniques for olive-trees (cultivation without soil disturbance, traditional agriculture or conservational agriculture) is evaluated. The work has been carried out in the drainage area of the Guadajoz river, an tributary of the Guadalquivir river, in the provinces of Jaén and Córdoba (Andalucía, Spain). The samples have been analysed according to isotopic methods and more precisely measuring the content of Cesium-137 in the soil.

In general the results show that the erosion is positively related to removal (soil by cultivation. However, as some of the obtained results are not conform to this hypothesis, other explanations hare been argued.

Key words: Soil erosion,Olive-trees,Radio-isotopes,Cesium-137.

Introducción

El problema de disminución de productividad que representa la pérdida de suelo afecta con especial gravedad a los agrosistemas de la Europa mediterránea, siendo especialmente importante en Andalucía, donde la superficie afectada por la erosión en estado grave o muy grave es del orden del 60%.

En la tabla 1 (citado en GARCÍA ROSELL *et al.* 1993. Informe interno) se muestran unos datos de las áreas agrícolas según el grado de erosión a nivel nacional.

Los procesos más relevantes de la erosión hídrica son la erosión por salpicadura, laminar en regueros o surcos y la erosión en cárcavas y barrancos. La contraposición de pautas y caracteres de estos procesos plantea problemas a la hora de diseñar un método efectivo para medir la erosión del suelo.

Las dificultades asociadas con las técnicas clásicas de medida de erosión, como son la utilización de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), fotografías aéreas, medidas en parcelas, etc. han conducido a la investigación de nuevos métodos, entre los que se incluyen los de isótopos trazadores como el Cesio 137 que es la técnica utilizada en este trabajo. El objetivo del presente estudio es comparar la erosión provocada por las diferentes técnicas de labranza del cultivo del olivar en la cuenca del río Guadajoz.

Fuentes del Cs-137

El Cs-137 presente actualmente en el medio ambiente tiene dos fuentes principales (WALLING y QUINE, 1993):

– Pruebas atmosféricas nucleares que se produjeron principalmente durante el período comprendido entre 1950-70. La distribución del radioisótopo a gran escala muestra una variación relacionada con la precipitación anual (CAWSE y HORRILL, 1986); sin embargo, su depósito a nivel de campo parece haber sido relativamente uniforme. El depósito atmosférico del cesio-137 comenzó en 1954 y se pueden distinguir dos períodos de mayor intensidad en 1958 y entre 1963-64, y otros dos períodos de

TABLA 1
CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS AGRÍCOLAS SEGÚN EL GRADO DE EROSIÓN
(MILES Has)

REGIÓN	INAPRECIABLE	MODERADA	GRAVE	MUY GRAVE
Norte	651	981	95	5
Meseta Norte	1.300	3.510	1.477	276
Extremadura	1.362	4.072	3.057	934
Valle Ebro	594	1.975	1.035	376
Levante	410	1.745	1.157	366
Andalucía	654	1.537	2.061	1.323
Canarias	61	173	136	99
Total	5.032	14.002	9.018	3.379

menor depósito , en 1971 y 1974 que se corresponden con la moratoria de las pruebas.

En el hemisferio norte el depósito ha sido diez veces superior al producido en el hemisferio sur debido a que las principales pruebas nucleares se realizaron en aquel hemisferio.

– Emisión de la central nuclear de Chernobyl como consecuencia del accidente ocurrido el 26 de abril de 1986. El Cs-137 procedente de Chernobyl fue transportado a baja altitud por una nube de escombros y la mayoría del Cs-137 depositado estuvo asociado a las precipitaciones procedentes de esta nube. En España el depósito de Cs-137 debido a Chernobyl es casi inapreciable. (NAVAS y MACHIN, 1991; RUIZ y LUCAS, 1991).

Técnica del Cs-137 para medir erosión

Las bases de esta técnica son las siguientes (WALLING y QUINE, 1993):

A. En la mayoría de los ambientes el Cs-137 fue adsorbido rápida y fuertemente por las partículas del suelo en la capa superficial y la migración vertical postdepósito es insignificante (LIVENS y LOVELAND,1988; BACHUBER *et al,* 1982; FRISSEL y PENDERS, 1983; SQUIRE y MIDDLETON, 1966).

B. La posterior redistribución del Cs-137 refleja el movimiento de las partículas del suelo ya que éste permanece adsorbido y se mueve asociado a ellas.

C. Suponiendo que la distribución inicial del Cs-137 fuera uniforme, las diferencias en cuanto a su contenido representan el impacto neto de las distribuciones del suelo durante el período desde el depósito del Cesio-137.

D. La desviación del contenido en Cs-137 respecto al nivel de referencia puede reflejar erosión si la desviación es negativa o depósito en el caso de desviación positiva.

Según WALLING y QUINE,(1991), la técnica ofrece las siguientes ventajas frente a otros métodos:

– Proporciona medidas cuantitativas de velocidad y modelos sobre erosión de suelos.

– Todos los procesos que contribuyen están representados en la velocidad de erosión medida.

– Se requiere sólo una visita al lugar que se va a estudiar y no se modifica el medio ambiente.

Esta técnica se ha aplicado para estimar erosión y sedimentación en diversas áreas del mundo, como por ejemplo, USA (RITCHIE *et al.,* 1974), Canadá (DE JONG *et al.,*1983), Australia (LONGMORE *et al.,* 1983; CAMPBELL, 1983; CAMPBELL *et al.,* 1986), Gran Bretaña (LOUGHRAN *et al.,* 1987), España (NAVAS y MACHÍN, 1991; NAVAS y WALLING,1992; QUINE *et al.,* 1994).

En el presente trabajo esta técnica ha sido empleada para obtener unos resultados preliminares sobre los diferentes estados erosivos provocados por las distintas técnicas de laboreo empleadas en el cultivo del olivar en ciertas comarcas de las provincias andaluzas de Jaén y Córdoba.

Las actuales técnicas de manejo del olivar, llevan poniéndose en práctica aproximadamente una década. Con anterioridad, en las labores antiguas, era común el volteo del suelo hasta una profundidad media de unos 20 cms. Debido a esto la incorporación del Cesio en el suelo ha sido redistribuida de forma similar con ese margen de profundidad, por lo que al repetirse este proceso en

todos los puntos muestreados, bastaría con analizar los primeros 5 cms de cada perfil para obtener resultados sobre la influencia que la técnica de manejo empleada tiene sobre la capa superficial del suelo. Es decir aunque no podamos saber si el depósito es mayor o menor que el que se pueda encontrar en capas inferiores, si podemos dar validez a la *diferencia de actividad* encontrada en esa capa superficial, entre una muestra en la que se ha empleado un determinado sistema de cultivo, y otra en la que se ha utilizado otro.

Tecnicas de laboreo empleadas en el olivar

La zona objeto de estudio es un área olivarera enmarcada hidrológicamente en la cuenca del río Guadajoz, afluente de la margen izquierda del Guadalquivir, más concretamente en el sector Central del Subbético, ocupando la zona SE de Córdoba, y el extremo SW de Jaén. Ambas son provincias olivareras por excelencia, con una susceptibilidad a la erosión bastante alta (MOREIRA, 1991).

Son diversas las técnicas de manejo utilizadas para el cultivo del olivar, entre ellas se pueden distinguir:

– El laboreo convencional, donde los aperos voltean gran cantidad de tierra en repetidas ocasiones a lo largo del año. El suelo queda muy removido y suelto.

– No laboreo, que consiste, en el apisonamiento del suelo con pases de rulo para lograr su compactación, (PASTOR y MORALES, 1991), además se emplean biocidas para el tratamiento de las malas hierbas.

En el no laboreo se pueden distinguir además sistemas mixtos:

– Sistema de ruedos permanentes donde se apisona sólo el 40% del terreno,es decir, el proyectado bajo la copa.

– Laboreo mínimo en franjas donde se alternan unas labradas y otras sin labrar, es decir alisadas.

Por último, y como hecho novedoso hay, que destacar la existencia de hectáreas de olivar cultivadas de un modo distinto, como una versión más del no laboreo, y es la técnica que emplea la cubierta vegetal de malas hierbas entre las calles de la plantación, la cual es desbrozada antes de que entre en competición hídrica con el olivo.

Metodología

Las muestras se tomaron en olivares con distintos sistemas de labranza.

En cada punto de muestreo se tomaron dos muestras, una en la zona superior de la ladera(pendiente 0%) y otra muestra en un punto con una pendiente del 15%. En cada zona se tomó un paralelepípedo de 0,25 m^2 de superficie y 5 cm de profundidad.

La preparación de la muestra consiste en el secado a 120 °C y posterior tamizado (malla 0,25 mm). Una submuestra de peso conocido se coloca en un Marinelli de 1 l. de capacidad.

La medida del Cesio-137 se realizó con un espectrómetro multicanal de 16.000 canales, conectado a un detector de germanio intrínseco hiperpuro tipo reverse. El tiempo de contaje fue de 1.500 minutos, con el que se consiguió una precisión analítica del 10% en las muestras de menor actividad y del 2% en las más activas.

TABLA 2
CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

LOCALIZACION	COORDENADAS	PENDIENTE	ALTITUD	S. LABRANZA
	Long./ Lat.	%	m	
"Los Baldíos"	4 06'55"/	0	682	No laboreo
Priego de Co.	37 27'13"	15	678	
(Córdoba)				
"Valverde"	4 07'40"/	0	685	Sin cultivar
Priego de Co.	37 27'17"			
(Córdoba)				
"Las Mesas"	4 08'26"/	0	450	Laboreo
Alcaudete	37 36'03"	15	445	convencional
(Jaén)				
"El Tobazo"	4 00'46"/	0	575	No laboreo
Alcaudete	37 33'55"	15	572	Cobertera
(Jaén)				Vegetal

A cada muestra también se le determinó el porcentaje de agua, materia orgánica, gravas, arenas y arcillas más limos. El contenido en agua de las muestras se determinó secando a 120 °C durante 24 horas una cantidad pesada de muestra. El contenido en gravas se determinó pasando la muestra por el tamiz A.S.T.M. n.º 10. La fracción superior a 2mm se lavó hasta que pasó agua limpia, se secó en estufa y se determinó el porcentaje de gravas. Para la determinación de arenas y limos más arcillas, de la fracción inferior a 2mm se tomaron 100 gramos y se añadieron a una disolución al 4 % de hexametafosfato sódico, se dejaron en reposo al menos 18 horas y se hicieron pasar por el tamiz A.S.T.M. n.º 200, se lavó con agua hasta que pasó agua limpia. La fracción superior a 0,075 mm se secó y se pesó, determinándose el contenido en arenas, la fracción restante la constituían arcillas más limos.

Resultados y discusión

El la tabla 3 se muestra el contenido en agua, materia orgánica, gravas, arenas y arcillas más limos de cada muestra.

Las actividades detectadas en cada punto de muestreo, así como la erosión obtenida, se presentan en la tabla 4. La erosión media de cada muestra se ha determinado siguiendo el método gravimétrico de BROWN *et al.* (1981) que tasa la erosión desde 1954.

Este autor propone la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{10(Z-Se)}{CeT}$$

Y= Pérdida media anual de suelo (t ha^{-1} $año^{-1}$).

Z= Inventario de Cesio 137 (Bq m^{-2}).

Se= Inventario medio del área erosionada (Bq m^{-2}).

Ce= Concentración media de Cesio 137 en el área erosionada (Bq Kg^{-1}).

T= Tiempo desde el inicio del depósito de Cesio 137 (1954).

Como se puede deducir de la expresión anterior, no se tienen en cuenta parámetros que valoren la influencia del método de cultivo con la erosión como pueden ser la profundidad del arado, ni tampoco se estiman datos físicos del suelo como puede ser la densidad aparente.

En otros métodos (método proporcional de De Jong *et al.,* 1983, 1986), sí se consideran los parámetros citados, si bien las limitaciones técnicas por la falta de material adecuado hicieron imposible su utilización. Es por esto por lo que utilizamos la fórmula de Brown, advirtiendo que los resultados de erosión obtenidos (tabla 4, última columna) no son compatibles con las conclusiones obtenidas de los estudios realizados relacionando el nivel de erosión con la técnica de cultivo que correspondería a la siguiente secuencia:

Erosión sin cultivo < cubierta vegetal < mínimo laboreo < laboreo convencional.

No se ha obtenido el contenido en agua, materia orgánica ni granulometría de Valverde al no considerarlas significativas ya que es el punto de referencia estable y no erosionado, por lo que esos datos no aportarían nada nuevo al estudio.

Debido a que el método de Brown no es el mas adecuado para la cuantificación de la erosión en nuestras condiciones, relativizamos la importancia de la última columna de la tabla 4 y consideramos como resultados finales los datos de actividad del Cesio 137, los cuales permiten estimar cualitativamente el nivel de erosión producido por la aplicación de una técnica de manejo del suelo concreta, y permitan corroborar que el nivel de erosión es inversamente proporcional a la actividad del Cesio 137, por lo que se establece finalmente la misma secuencia señalada anteriormente entre nivel de erosión y sistema de cultivo.

Todos los puntos de referencia poseen una actividad por unidad de superficie inferior a la obtenida en "Valverde". Según Navas *et al.* (1991) para poder aplicar esta técnica se ha de establecer en primer lugar la carga de referencia del Cesio-137. ÉEsta se obtiene muestreando un lugar estable, es decir, no erosionado y horizontal, lo más cercano posible al lugar de estudio, que en este caso es Valverde, un lugar llano que no ha sido cultivado al menos en los últimos cuarenta años y que se localiza próximo al resto de las muestras tomadas.

TABLA 3
CONTENIDO DE AGUA, MATERIA ORGÁNICA Y GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS (EN %)

MUESTRA	H_2O	M.O.	GRAVAS	ARENAS	LIMOS+ARCILLAS
L.Baldíos	1,58	4,81	27,85	13,93	58,22
E. Tobazo	1,91	4,62	34,72	26,29	38,99
L. Mesas	2,36	5,45	19,93	28,21	51,86

TABLA 4
ACTIVIDADES DE CESIO-137 DETECTADAS EN LAS DIFERENTES MUESTRAS

MUESTRA	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	EROSION
	± 20 (Bq/Kg)	± 2o (Bq/m2)	(t/ha/año)
Valverde (0%)	31±1	1622±52	–
L.Baldíos (0%)	22,9±0.9	960±38	–
L.Baldíos (15%)	6,4±0.4	422±26	21
E. Tobazo (0%)	22,0±0.9	1395±57	–
E. Tobazo (15%)	15,4±0.7	644±29	12
L.Mesas (0%)	6,8±0.5	319±23	–
L.Mesas (15%)	3,1±0.3	156±15	13

De los datos sobre la actividad reflejados en la tabla 4 y tomando como punto de partida la actividad de Valverde podemos deducir que los emplazamientos con 0% de pendiente están erosionados con respecto al punto de referencia.

"El Tobazo" (0%), que no sufre ningún tipo de laboreo es el que presenta una actividad más próxima a "Valverde". A continuación le sigue "Los Baldíos"(0%), donde se aplica un arado que afecta a los primeros cinco centímetros del suelo. Por último se encuentra "Las Mesas" (0%) donde la técnica de labranza empleada conlleva el volteo de unos veinte centímetros de suelo.

Análogas conclusiones se obtienen de los resultados de las muestras tomadas en pendiente del 15%. Por las limitaciones del método de Brown, comentadas anteriormente, consideramos definitivos para poder realizar el estudio comparativo, los datos sobre actividad.

Desde el punto de vista de la erosión y según los estudios realizados por PASTOR y MORALES (1991), se ha comprobado que la mayor tasa de erosión se produce en suelos cultivados al modo tradicional, mientras que se produce una disminución significativa cuando se practica el no laboreo. Cuando éste último se realiza con el método de la cobertera vegetal, la reducción de la erosión es prácticamente total. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante la técnica del Cs-137 muestran que la erosión producida en el olivar cultivado al modo tradicional es similar a la obtenida en aquél que emplea la cobertera vegetal.

A la vista de los resultados se consideró la ubicación de los puntos muestreados con respecto a la red de drenaje y se observó que "Los Baldíos" estaba situado próximo a una zona activa tectónicamente (GARCÍA CORTES, 1991), como lo demuestran los frecuentes deslizamientos y el encajamiento de la red hidrográfica, lo cual justificaría la alta erosión registrada, mientras que los otros dos puntos de muestreo se encuentran mas alejados. Lo dicho anteriormente indica que para estudios posteriores habrá que considerar la posición relativa de los puntos de muestreo con respecto a la red de drenaje. Por otra parte teniendo en cuenta el análisis granulométrico reflejado en la tabla 3 pode-

mos concluir que el elevado porcentaje de limos+arcillas de "Los Baldíos" (58.22%) provocará el aumento de la escorrentía al descender el nivel de infiltración del agua, con lo que se producirá una mayor erosión. El resultado de "Las Mesas" se podría justificar por el mayor contenido en agua y en materia orgánica de la muestra aún cuando la técnica de labranza afecta a más profundidad del suelo que en "Los Baldíos".

Agradecimientos

Los resultados experimentales obtenidos para la realización de este estudio se llevaron a cabo en el laboratorio de Química Inorgánica (Radioquímica) de la Universidad de Granada, y contaron con el apoyo de D. Cecilio González Gómez, y Dª Antonia Camacho García, a quienes agradecemos su colaboración.

Bibliografía

BACHUBER H.; BUNZ K.; SCHIMMACK W.; GANS I. 1982. "The migration of Cs-137 and Sr-90 in multilayered soils: result from batch, column and fallout investigation".*Nuclear Tecnology,* 59,291-301.

BROWN R.B.; KLING G.F.; CUTSHALL N.H. 1981. "Agricultural erosion indicated by Cs-137 redistribution: II". *Estimates of erosion rates. Soil Science Society of America Journal,* 45, 1191-1197.

CAMPBELL B.L.;1983. "Applications of environmental caesium-137 for the determination of sedimentation rates in reservoirs and lakes and related catchment studies in developing countries. Radioisotopes in Sediment Studies".*International Atomic Energy Technical Document,* 298, 7-30.

CAMPBELL B.L.; LOUGHRAN R.J.; ELLIOTTG.L.; SHELLY, D. 1986. "Mapping drainage basin sources using caesium-137". Drainage basin sediment. (R.F. Hadley, Ed)*IAHS*, nº 159. 437-446.

DE JONG E.; BEGG C.B.M.; KACHANOSKI R.G. 1983. "Estimates of soil erosion and deposition for some Saskatchewan soils". *Canadian Journal of Soil Science,* 63,607-617.

FRISSEL M.J.; PENDERS R. 1983. "Models for the accumulation and migration of Sr-90, Cs-137, Pu 239-240, and Am-241 in the upper layer of soils". *In Ecological Aspects of Radionuclide Release.* (Ed. P.J. Coughtrey). Nº 3, 63-72. Oxford.

GARCÍA CORTES, A. 1991. *Memoria del Mapa Geológico de España.* 1:50.000. Alcaudete. ITGE.

LIVENS F.R.; LOVENLAND P.J. 1988. "The influence of soil properties on the environmental mobility of Caesium in Cumbria". *Soil Use and Management,* 4, 69-75.

LONGMORE M.E.; O'LEARY B.M.; ROSE C.W.; CHANDICA A.L. 1983. "Mapping soil erosion and acumulation with the fallout isotope caesium-137". *Australian Journal of Soil Research,* 1, 373-385.

LOUGHRAN R.J.; CAMPBELL B.L.; WALLING D.E. 1987. "Soil erosion and sedimentation indicated by caesium-137". *Jackmoor Brook catchment, devon, England.Catena,* 14, 201-212.

MOREIRA J.M.; 1991. *Capacidad de uso y erosión de suelos:una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía.* Junta de Andalucía, AMA.

NAVAS A.; MACHIN J. 1991. "A preliminary research on the use of Cesium-137 to investigate soil erosion in the semiarid lanscape of the central Ebro river valley". *Soil Erosion Studies in Spain.* 191-202.

NAVAS A.; WALLING D.E. 1992. "Using caesium-137 to assess sediment movement on slopes in a semiarid upland environment in Spain. Erosion, Debris flows and Environment in Mountain Regions". *IAHS,* nº209, 129-138.

PASTOR M.; MORALES J. 1991. "Olivar en no laboreo. Mejora de la infiltración y captación de la escorrentía". *Agricultura* 914-927.

QUINE T.A.; NAVAS A.; WALLING D.E.; MACHIN J.; 1994. "Soil erosion and redistribution on cultivated and uncultivated land near Las Bardenas in the central Ebro river basin, Spain". *Land Degradation and Rehabilitation,*50,(1),41-55.

RITCHIE J.C.; SPRABERRY J.A.; MCHENRY J.R.; 1974. "Estimating soil erosion from the redistribution of

caesium-137". *Soil Science Society of American Proceedings*, 38, 137-139.

RUIZ P.; LUCAS F.E. 1991." Determinación de Cs-137 en muestras naturales en la cornisa cantábrica. Resúmenes de la XVII Reunión anual de la Soc. Luc. Española". *(Ed. Senda S.A.)*. 135-137.

SQUIRE H.M.; MIDDLETON L.J. 1966. "Behaviour of Cs-137 in soils and pastures a long term experiment". *Radiation Botany*, 6, 413-423.

WALLING D.E.; QUINE T.A.; 1991. "The use of caesium-137 measurementes to investigate soil erosion on arable fields in the U.K.:potential applications and limitations". *Journal of Soil Science*, 42, 146-165.

WALLING D.E.; QUINE T.A.; 1993. "Use of caesium-137 as tracer of erosion and sedimentation: Handbook for the aplication of the caesium-137 technique", 215-19.

GARCÍA-ROSSEL *et al.* (1993). *Proyecto LUCDEME.* Desertización en la Cuenca del río Almanzora. CSIC-Icona. Informe interno.

(Aceptado para publicación el 20 de septiembre de 1996)

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 1996 DE A.I.D.A.

Presidente
Leonardo Plana Claver

Vocales
Javier Abadia Bayona
Miguel Valls Ortiz
Rafael Gella Fañanas

Secretario
Pere Albertí Lasalle

Reunido el Jurado del Premio 1996 de Prensa Agraria de AIDA formado por D. Leonardo Plana Claver (Presidente de AIDA) y los Directores de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), del Instituto Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ) y del Servicio de Investigación Agroalimentaria (DGA), actuando como Secretario el Director de ITEA, tal como establecen las bases de la convocatoria aprobadas en la Asamblea General de la Asociación celebrada en mayo de 1983, acordó premiar entre los artículos publicados en ITEA durante el año 1996 a los siguientes:

"Identificación del sexo a partir de muestras biológicas de diferente origen mediante amplificación selectiva de ADN y posterior análisis de RFLPs", siendo sus autores: M. VILLALTA MARTÍN, J.L. ALABART ÁLVAREZ y J. FOLCH PERA.

"Análisis de las estrategias competitivas en la industria hortofrutícola de Aragón Navarra", siendo sus autores: M. SÁNCHEZ, B. IRAIZOZ y J.M. GIL.

Zaragoza, 28 de abril de 1997

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 1997 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 1997. 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) Jefe del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   f) 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 1996-97-98

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

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

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

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

Los cursos de larga duración se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante, se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Olivicultura y Elaiotecnia y Acuicultura finaliza el 1 de Mayo de 1997. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Producción Animal y Comercialización de Productos Agrarios y Alimentarios finaliza el 15 de Mayo de 1997. El plazo de inscripción para los cursos de larga duración de Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Mejora Genética Vegetal finaliza el 15 de Mayo de 1998.

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

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

INSCRIPCIÓN EN A.I.D.A.

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

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

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

Dirección postal .....

Teléfono .....

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

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

CUOTA ANUAL: Firma.

❑ Sólo una Serie de ITEA { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 3.500 ptas.

❑ Ambas Series 5.000 ptas.

FORMA DE PAGO:

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

Tarjeta número:

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

SR. DIRECTOR DE .....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.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 XXVIII (1997), Vol. 93V N.º 1

ÍNDICE

Página

M. SANZ ENCINAS, L. MONTAÑÉS GARCÍA.- Diagnóstico visual de la clorosis férrica 7

J. AIBAR, C. ZARAGOZA.- Evaluación de modelos predictivos de pérdidas causadas por avena loca (*Avena sterilis* L. *subsp. ludoviciana* (Durieu) Nyman y *A. fatua* L.) en el cultivo del trigo en Aragón 23

J. HERNANDO.- Análisis de la política de fomento del cultivo de trigo duro en España tras la adhesión a la Unión Europea ... 33

Y. SORIA, I. RECASENS.- El escaldado superficial de la manzana. 49

M.J. CUESTA AGUILAR, A. DELGADO CUENCA.- Comparación de procesos erosivos en suelos agrícolas mediante el radioisótopo Cesio-137 65