

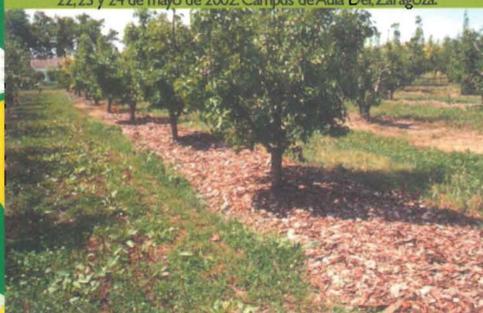
ITEA

Volumen Extra, Número 23 (2002)

XXXIV JORNADAS DE AIDA: PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL MEDIO AGRARIO

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO


**34th Jornadas de Estudio
sobre Producción Sostenible
en el Medio Agrario**
22, 23 y 24 de mayo de 2002. Campus de Aula Dei Zaragoza.



ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO (AIDA)

Información: TEL 976 716 325. FAX: 976 716 335. E-mail: mferruz@aragob.es



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Orientación
y de Garantía Agrícola



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO (AIDA)

XXXIV JORNADAS DE AIDA: PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL MEDIO AGRARIO

COLABORAN:

Gobierno de Aragón: Departamento de Agricultura
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (IAMZ)
Caja de Ahorros de la Inmaculada (CAI)
Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina (Zaragoza)
Universidad de Zaragoza
Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CYCIT)
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA)

ITEA

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

Volumen extra compilado por:

CARLOS ZARAGOZA LARIOS
JOAQUÍN GÓMEZ APARISI
GABRIEL PARDO SANCLEMENTE
MARÍA LEÓN NAVARRO

Mayo 2002 Volumen Extra Número 23	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Montaña, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA Tel.: 34-976 576311 Fax: 34-976 575501	Depósito legal: Z-1449-2000 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet, nave 13 50013 ZARAGOZA
---	--	---

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

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

PRÓLOGO

Actualmente se asiste a una demanda creciente por parte de los consumidores hacia los alimentos de calidad obtenidos con sistemas de cultivo compatibles con el medioambiente, hasta el punto de que los gestores políticos están mostrándose cada vez más interesados en el desarrollo de tecnologías sostenibles de producción.

Por ello, esta reunión interprofesional de especialistas en producción vegetal y animal tiene como objetivo la puesta al día de conocimientos y tecnologías de producción agraria respetuosa con el medioambiente. Se contemplan temas de gran actualidad como agricultura ecológica, producción integrada, laboreo de conservación o agricultura multifuncional, buscando la clarificación de estos términos y discusión sobre su normativa, donde lo más importante no son solamente las producciones, sino que se valora cada vez más las repercusiones sobre el medio.

Como tantas otras veces en las Jornadas de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) se pretende una amplia participación de técnicos y especialistas del sector y, por primera vez en muchos años, se integran conocimientos del mundo vegetal y animal. Estas serán las XXXIV Jornadas de Estudio ininterrumpidas celebradas en el Campus de Aula Dei por AIDA, lo que constituye por sí mismo un hecho sin precedentes en España.

En esta ocasión hemos contado con una brillante participación. Los ponentes y comunicantes son investigadores, profesores de Universidad y técnicos con reconocida experiencia y prestigio, que desarrollan temas muy diversos, pero siempre relacionados con la sustentabilidad de la producción agraria. En este número extraordinario de ITEA se presenta la documentación recibida hasta el plazo permitido por la imprenta, por lo que queremos agradecer el esfuerzo realizado por todos los participantes.

Agradecemos vivamente el inestimable mecenazgo y colaboración del Servicio de Investigación Agroalimentaria, el Servicio de Formación y Extensión Agraria de la Diputación General de Aragón, el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ-CIHEAM), la Universidad de Zaragoza, la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia, la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, y la Caja de Ahorros Inmaculada de Zaragoza. Así mismo, a todos los ponentes y comunicantes, y a Mercedes Ferruz, Gabriel Pardo, Rosa Checa y María León, sin cuya participación no habría sido posible la realización de este trabajo.

Deseamos que estas Jornadas sean amenas, útiles y fructíferas para todos los participantes, y ayuden a avanzar en el nivel de conocimientos y el grado de concienciación sobre los temas tratados.

Joaquín Gómez Aparisi, Rafael Balduque y Carlos Zaragoza
Secretarios de las 34.^{as} Jornadas de AIDA

INDICE

1.ª PONENCIA:

C. Xiloyannis. Orchard management to improve yield quality, to preserve soil fertility and increase the efficiency of water and mineral resources	1
J. Costa Vilamajó. Sostenibilidad y medios de producción	6
E.J. González, J. Bergua, A. Martínez Vilela, M. Pérez Berges. La producción sostenible y agricultura de conservación: un fin común	13
F. Villa. La agricultura ecológica en Aragón. Evolución de la situación actual y organización	22

2.ª PONENCIA:

B. Marangoni, E. Baldi, A. D. Rombolá. Agronomía sostenible de los cultivos leñosos	32
J. Val, Y. Aznar, E. Cortés, M. A. Gracia, A. P. Mata, R. Medjoub, R. Monge, A. Blanco. Producción de manzanas: calcio vs calidad	52
M. J. Rubio, P. Pérez Marco. La producción integrada de fruta en Aragón	60
A. Urdíroz, C. Palazón, J. Barriuso, I. Delgado. Truferas cultivadas, un ejemplo de gestión sostenible. Resultados preliminares	65
C. Palazón, A. Urdíroz, J. Barriuso, I. Delgado. La certificación de la planta micorrizada con trufa negra	72

3.ª PONENCIA:

R. Albajes. La protección vegetal sostenible	78
C. Zaragoza, J. Crespo, M. A. San Nicolás, S. Fernández-Cavada, J. M. Sopena, G. Gómez Aparisi. Ensayo de sistemas de mantenimiento del suelo en almendro	89
J. Crespo, M. A. San Nicolás, F. Villa, J. A. Sasot, J. Betrán. Ensayo de trampeo masivo de la mosca del olivo con Eco-Trap	94

4.ª PONENCIA:

J. Cavero. Agronomía sostenible de los cultivos herbáceos	99
N. Vázquez, M. Quemada, A. Pardo, M. L. Suso. Evaluación del lavado de nitratos en función de la dosis y frecuencia de riego en un cultivo de tomate para industria	107

M. Ortega Salinas. La modernización de los regadíos en Aragón y su contribución a la mejora del medioambiente y sostenibilidad de los recursos	119
A. Martínez Cob. Evaluación de métodos de cálculo de la evapotranspiración de referencia diaria y mensual en Aragón	126
5.ª PONENCIA:	
R. Revilla. Producción ganadera sostenible	133
E. Monge, J. L. Espada, M. Ferrer, J. Val, F. Orús, M. S. Gracia, J. Betrán. Aplicación de estiércol fluido de porcino como fertilizante del olivar del Bajo Aragón (cv. Empeltre). Su efecto sobre macronutrientes en hoja	147
L. Torrano, J. Valderrábano. Incidencia del pastoreo caprino en la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastorales	154
6.ª PONENCIA:	
J. Uriarte, J. Valderrábano. El papel de la sanidad animal en la producción sostenible	160
J. Valderrábano, J. Uriarte. Efecto de la alimentación energética en la estimulación del sistema inmune frente a parásitos en el parto ovino	171
7.ª PONENCIA:	
J. Cuartero, M. L. Gómez Guillamón. El papel de la mejora genética en la agricultura sostenible	177
J. Gómez Aparisi, M. Carrera, R. Socias. Utilización de patrones resistentes a nematodos en el cultivo de frutales de hueso	190
8.ª PONENCIA:	
R. Labrada. La agricultura sostenible, con especial énfasis en el manejo integrado de plagas	198
J. Faci, E. Playán, M. Tejero, R. Salvador. Contribución de la oficina del regante a la sostenibilidad del regadío en Aragón	209
G. Pardo, F. Villa, J. Aibar, J. A. Lezaún, C. Lacasta, R. Meco, P. Ciria, C. Zaragoza. Influencia del tipo de fertilización y desherbado en la producción de cebada en secanos semiáridos	217
9.ª PONENCIA:	
J. Hernández Esteruelas. Las entidades de control y certificación en la producción agraria	225

ORCHARD MANAGEMENT TO IMPROVE YIELD QUALITY, TO PRESERVE SOIL FERTILITY AND INCREASE THE EFFICIENCY OF WATER AND MINERAL RESOURCES

Xiloyannis Cristos

Dipartimento di Produzione Vegetale
Università degli Studi della Basilicata
85100 Potenza, Italy

INTRODUCTION

Soil and canopy management must have as principal objective high quality production with particular attention being paid to the impoverishment of soil organic matter, the increase of the efficiency of water and mineral resources and the introduction of sustainable production systems.

Soil management

Soil management in a modern fruit-farming is a collection of integrated techniques with the general aim of improving the agricultural performance of the orchard system in ways of bringing about a greater autonomy and stability, the reduction of the environmental health risks. Such an objective is attainable by essentially adopting methods that conserve or increase the organic matter in the soil.

Depletion of soil organic matter has been well documented as a result of continuous tillage, increase of organic mineralization activity which is high in hot-arid areas and disuse of the manure including removal of pruning material. Based on estimates made in orchards with continuous tillage in South Italy the annual loss of carbon for respiration is about 800 kg ha⁻¹ (1.5 % soil organic matter content) with 65 kg ha⁻¹ of nitrogen released from mineralization processes.

Conventional orchard management involves continuous tillage and application of mineral fertilisers. An alternative to this is the use of manure and inter-row grass cover to supply substantial quantities of carbon and nutrients to the soil. The presence of an inter-row grass, whether permanent or temporary, increases the photosynthetic and transpirational surfaces and the root density at different soil depths. Cover crops reduce the battering action of the rain, the speed of run-off, prevent the formation of a crust on the soil's surface and increase water infiltration thanks to the canals being left by dead roots and by the activity of earthworms.

Orchard, rendered "more complex" by the presence of cover crops, is certainly more difficult to manage in comparison with a system subject to continuous tillage and/or by the use of herbicides in the whole surface. The introduction of grass strips makes the system more "complex" because of competition for water and nutrients, allelopathic and mutualistic relations. In Mediterranean environments the use of localised irrigation adds variability to the soil system determining different availability of water and nutrients, non uniform root distribution of trees and cover crops.

Cover crops can ensure a good supply of nitrogen and carbon depending on the species and their carbon-nitrogen ratio at the moment of incorporation.

“Low quality” plant residues, characterised by an high lignin content and/or high C/N ratio (>30), neither of which favour decomposition are very unlikely to release sufficient nitrogen to meet the needs of trees during the annual growth, but can contribute to the formation of organic matter in the soil. “High quality” of plant residues, characterised by low C/N ratio (< 20), can quickly released high quantities of nitrogen having an effective nutritional function for a brief period but with scant effect on the soil fertility.

Positive results can be obtained by utilising auto-seminating annual species with relatively superficial root system, among which *Trifolium subterraneum* – with high tolerance to shadow conditions – which during the drought period auto-seminates itself and dies restoring ground cover with the first autumn rains.

In hot-arid areas combinations of graminaceous and leguminous species also suggested which permit good production of biomass and nitrogen. Annual water consumption, in hot-arid areas, by temporary autumn-winter cover plants can reach 200 mm ha⁻¹ and soil water content in the cover cropped orchard can be 80 mm lesser than in the tilled plot (1997-1999).

Studies on the mineralization rate of incorporated at the end of march cover crops have shown that nitrogen released one month later was enough to satisfy trees need. The same experiments showed the need for integrative fertilisation immediately after the incorporation of cover crops when values of nitrogen in the soil are very low.

In a mediterranean climate in green manured orchards nitrogen released during autumn from mineralization process is high due to the favourable climatic conditions while trees demand is very low and consequently is high the contamination risk. Showing cover crops at this time they will absorb soil nitrogen and make it available the year after when cover crops will be suppressed.

IRRIGATION

A correct utilisation of water depends upon the appropriate choice of irrigation method and it's correct management. Technological innovation has produced new material which allow us to maximise the efficiency of irrigation systems by limiting losses through evaporation. The efficiency of micro and sub-irrigation methods is about 90-95% compared to the 50-60% of traditional ones. In the first years of the orchard, through using localised irrigation methods up to 80-90% of the water can be saved in comparison to those which erogated water in the whole soil surface. To wet about 25-30% of soil volume explored by roots the distance between the emitters depends from soil texture and the discharge rate of drippers. In order to obtain maximum water efficiency in the first year of a new orchard it is advisable to insert only one dripper per tree at 20-30 cm from the trunk and add others in the succeeding years in numbers sufficient to meet water requirements of the orchard.

To estimate water demand for a mature fruit orchard it is necessary to know potential evapotranspiration (ET_o) and crop coefficients through an annual cycle. Amongst the various methods proposed for the estimation of the ET_o that of Penman-Monteith provides the most accuracy values. To define irrigation volumes we must know rainfall. Water consumption is high in June, July and August both for the peak of ET_o and for the completion of leaf area.

For all localised irrigation methods it is advisable to begin irrigation early when soil water content is about 70-80% of field capacity. If irrigation is begun in time, the water storage in the soil from autumn-winter rainfall and in areas even quite distant from the

drippers can be maintained. Keeping some water in parts in the soil not directly affected by the emitters means that deeper or are more distant parts of the root system remain active and that there are fewer risks of water stress resulting from errors in calculating the irrigation volumes or frequency or from temporary cuts in the water supply.

Localised irrigation during summer should be schedule at short intervals (1-2 days) because of the limited amount of water stored in the soil interested by emitters and the high evapotranspiration demand.

The end of the irrigation season is important in that leaves remain active for as long as climatic conditions permit. Irrigation should go on for as long as evapotranspiration is not satisfied by rainfall or by soil water reserves. While leaves continue to photosynthesise, more assimilates are accumulated in the various organs of the plants for making a better start to vegetative and reproductive growth the following spring.

To control vegetative growth and to reduce water consumption after harvest water supply could be cut down by 30-35%. In particular this reduction is necessary in training systems which need frequent summer pruning and in vigorous varieties and/or rootstocks. Water deficit at this time has been shown to reduce pruning requirements of peach, while increasing flower density, flowers with double pistils and the number of double fruits the following season.

Training system has a fundamental influence on water use efficiency. About 99.5% of the total water absorbed by roots returns to the atmosphere through leaves transpiration.

Leaf Area Index (LAI) varies considerably during the first 4-5 years after planting and depends on the vigour of the cultivar and rootstock, spacing between trees, training system and cultivation technique. Fruits transpiration is very low but they make an indirect effect increasing leaves transpiration of about 10 to 15%. Water consumption is represented by the sum of evaporation from the soil and transpiration from the plant.

Evaporation is high at the beginning of the growing season, during the first years after planting and in orchards where the whole soil surface is irrigated. Transpiration is related to leaf area, training system, ratio between exposed and shaded leaves, soil water content and ambient evaporative demand.

Water use efficiency of leaves is related to their light availability. For every 1,000 litres of water transpired by exposed leaves (> 40% PAR) there is a corresponding production of about 3 kg of carbon while the same amount of water transpired by shaded leaves (< 20% PAR) produces only 0.3 kg of carbon. This quantity is insufficient to meet the needs of leaves for respiratory activity during the night. The part of the canopy which receives less than 20% of the incident light does not represent a source but another centre of absorption of assimilates (sink) which above all consumes large quantities of water.

Training system and its correct management, particularly summer pruning, are important also for yield quality.

Irrigation water always contains mineral elements which are often in greater quantities than the orchard's requirements. Irrigation has been labeled as "one of the paths to desertification" particularly in areas with high water deficit. The inefficient use of irrigation and the low water quality may create problems of salinization and alkalization of the soils. The low annual rainfall does not facilitate the leaching of the salts and which, in the course of the years, accumulates, rendering the soil unusable for certain types of cultivation.

The use of reclaimed municipal wastewater, appropriately treated, is a possible solution to increase water availability in agriculture especially in hot-dry areas.

Wastewaters can be used not only for irrigation but also to supply the soil with organic matter and mineral elements this contains. Their content depends upon the original composition of the waters and on the type of the treatment carried out. The most dangerous pollution which can cause damage to trees is to be found in microelement such as boron and the heavy metals as zinc, cadmium, copper etc. However, these elements are generally only found in high concentrations in industrial wastewaters, whilst, their concentration in municipal wastewater are always very low.

FERTILIZATION

If net annual variations in biomass and in the nutrient status of permanent tree parts are considered negligible, the net displacement of mineral elements in a mature orchard consists of the amount removed in yield if pruned material is incorporated in the soil.

Leaves and pruned material contribute significantly to the flow of nutrients and carbon in the orchard. Leaves with carbon/nitrogen ratio about 27 decompose more rapidly than pruned material (C/N around 45) and need not be included in the calculation of displacement nutrients. As their nitrogen is almost exclusively organic they contribute to soil nutrients the following spring when they are decomposed by mineralization processes. For example an apricot orchard with an average production of 25 t ha⁻¹ in which pruned material remains in the orchard, requires the applications of around 90 kg of nitrogen. If pruned material is removed, a further 20 kg should be added.

Fruits absorb a small amount of phosphorus. Taking into account insolubilization processes 15 kg ha⁻¹ of P₂O₅ should be applied annually, plus an additional 11 kg ha⁻¹ if pruned material is removed.

Potassium is a mineral element which is absorbed by fruits in great quantities (93 kg ha⁻¹) while for calcium (8 kg ha⁻¹) and magnesium (8 kg ha⁻¹) fruit needs are very low.

In order to obtain rational management of the fertilisation technique the distribution of the demand for each mineral element during the annual growth and it's partitioning in the different plant organs need to be know. Such information is important not only for the elaboration of the fertilisation plan but also to know the mineral competition between the various plant organs in the various phases of the annual growth. Nitrogen accumulation in apricot fruits represents about 34%, phosphorus 48% and potassium 31% of the total annual orchard need. Calcium, which is an element not transported via phloem, represents in fruits only 7% while leaves absorb more than 50% of the total. This difference between leaves and fruits could be explained considering their transpiration activity and the mobility of this element within the plant. Water transpired from leaves is about 99.5% of the total water consumption; as calcium is an element which moves principally via xylem strong competition with fruits is inevitable.

Fertirrigation

Fertirrigation is recommended for sustainable production systems as it combines highly efficiency use of water with rational use of fertiliser, particularly nitrogen. Low mobility mineral elements in the soil (P, K etc.) are applied to the zone of highest root density and distribution of various elements can be regulated according to orchard needs. Particularly in hot-dry environments where rainfall during April-August is very low and localised irrigation methods are used, fertirrigation represent the only solution for the rational management of fertilisation. Root system in the first 2-3 years after planting occupies a limited volume of soil which means that it is necessary to distribute mineral

elements with water to increase the efficiency. Trees need to absorb mineral elements throughout the year and so it is useful to distribute fertilisers frequently avoiding lack of absorption of some elements due to antagonism and losses by leaching, denitrification or by gasification processes.

The choice fertilisers to be used in fertirrigation, need to take into consideration cost, quality of water, soil chemical characteristics nutritional requirements of the orchard, solubility, compatibility between various mineral elements and the absence of chlorine.

To prepare fertirrigation plan we have to take into account water quality and the soil chemicals analysis must be oriented to that part of soil which is interested by irrigation.

The mobility of mineral elements in the soil distributed by fertirrigation is a function of the type of element, of its concentration and of the type of soil. Phosphorous and potassium have less mobility than nitrogen, so for this reason, if the same manner of supply pertains, they concentrate in shallower sandy soil it is better to supply nitrogen in the final phase of irrigation, while in soil with good water holding capacity and with the mineral elements which have low mobility in the soil, it is best to supply fertilisers at the beginning of irrigation.

SOSTENIBILIDAD Y MEDIOS DE PRODUCCIÓN

Jaime Costa Vilamajó
Monsanto Agricultura España, S.L.
Avda. de Burgos, 17, 10ª
28036 Madrid

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Durante los últimos meses se viene insistiendo en foros nacionales, europeos y mundiales sobre la necesidad de avanzar hacia actividades económicas más sostenibles. En la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (<http://www.esp-sostenible.net/>), éste se define como el que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (en una sociedad solidaria, con un crecimiento económico equilibrado, usando con prudencia los recursos naturales y conservando el medio ambiente). En su aplicación a la agricultura, sin embargo, se ofrecen como modelos ciertas opciones (producción ecológica, algunas versiones de producción integrada, etc.) en las que la diferenciación se apoya fundamentalmente en criterios excluyentes totales o parciales del uso autorizado de ciertos medios de producción (fitosanitarios, variedades genéticamente modificadas, etc.).

El objeto de esta comunicación es revisar los estudios publicados para analizar si los criterios excluyentes representan avances para la sostenibilidad.

USO DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS AUTORIZADOS

La legislación española establece desde 1942 que para comercializar un producto fitosanitario - grupo de productos que engloba a los herbicidas - es necesario que el producto esté inscrito en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios, actualmente gestionado por la Subdirección General de Sanidad Vegetal, en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En principio, sólo aquellos productos sin problemas para aplicadores, consumidores y el medio ambiente siguen autorizados.

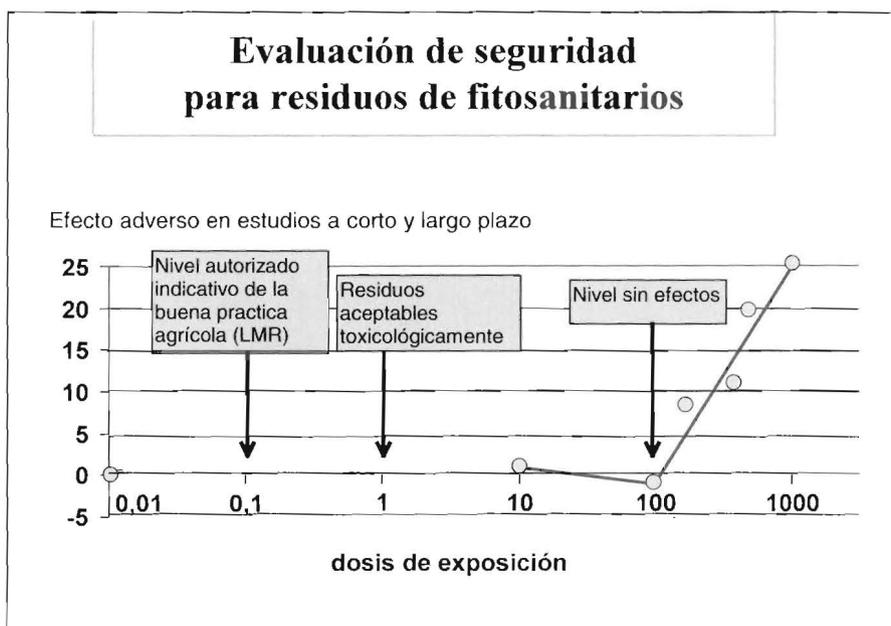
De acuerdo con esta declaración de principios, el empleo de un herbicida según la etiqueta aprobada para el producto una vez superada su inscripción en el Registro, no debe tener consecuencias indeseables para la salud humana o el medio ambiente. Por ello, son necesarios:

- ensayos de eficacia (dos años), siendo recomendable que hayan sido realizados por entidades oficiales u oficialmente reconocidas (EOR). La acreditación EOR requiere una cierta calificación del personal, instalaciones y equipos adecuados, procedimientos normalizados de trabajo, protocolos de experimentación, declaración de los ensayos antes de iniciarse, y un informe completo una vez finalizados (Orden de 11 de diciembre de 1995 por la que se establecen las disposiciones relativas a las autorizaciones de

ensayos y experiencias con productos fitosanitarios, BOE 19/12/95). Los ensayos de eficacia deben realizarse en comparación con los tratamientos de referencia y para demostrar que las dosis recomendadas son las necesarias para un control eficaz.

- ensayos de selectividad para el cultivo (dos años), realizados por entidades oficialmente reconocidas. En estos ensayos de selectividad, hay que comprobar el grado de tolerancia del cultivo -preferiblemente sin competencia de las malas hierbas- cuando se aplican las dosis normales y el doble de las recomendadas.

- datos de 8 ensayos de residuos por cultivo -en 2 años- para determinar la cantidad de residuos de la materia activa o de sus metabolitos sobre el cultivo, cuando la aplicación se realiza de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas propuestas. Para que estos ensayos sean reconocidos en todos los países del ámbito de la OCDE, es recomendable su realización de acuerdo con la normativa GLP (buenas prácticas de laboratorio). Esta normativa implica inspecciones rutinarias de los métodos de trabajo (ENAC), calibración rigurosa del equipo y cuidadosa anotación de todas las operaciones y posibles desviaciones de los protocolos establecidos.

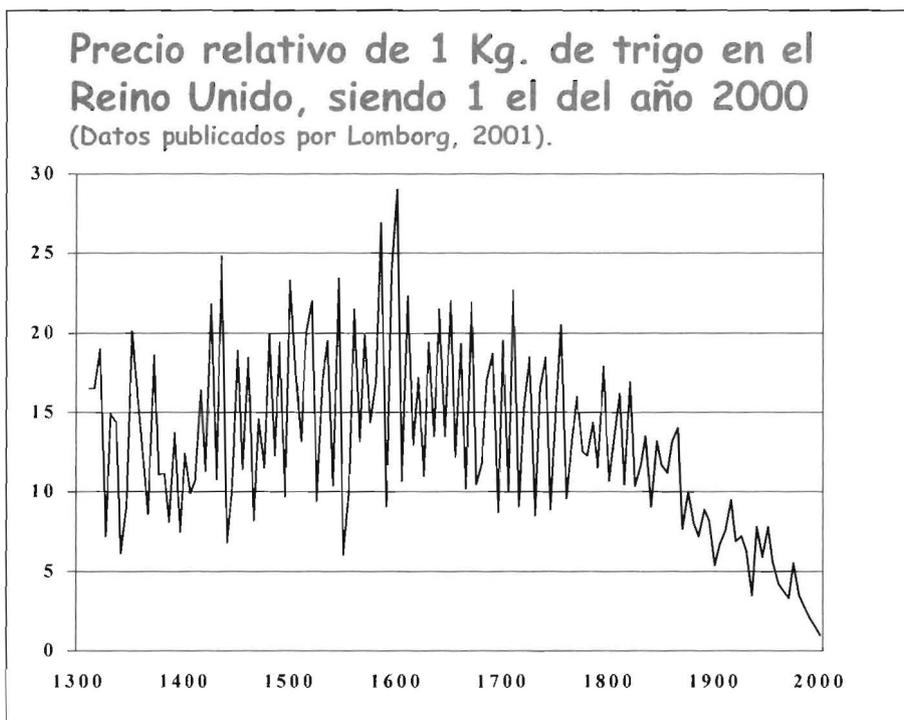


El establecimiento de límites máximos de residuos (LMR) por la Comisión Conjunta de Residuos se realiza de acuerdo con las Directivas 86/362 y 90/642, velando por su cumplimiento el Programa Nacional de Vigilancia de Productos Fitosanitarios en origen (Orden de 20 de junio de 1990 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

El valor determinante para fijar el LMR son los resultados de los ensayos de campo, reflejados en impresos normalizados que recogen los datos relevantes. Pero este valor

sólo es aceptado cuando la suma de los posibles residuos en todos los cultivos autorizados, ajustada con la importancia en la alimentación de cada cultivo, es inferior a la Ingestión Diaria Admisible (IDA). Como para fijar la IDA se establece un margen de seguridad de 100 como mínimo -calcule si este mismo criterio se aplicara a las normas de la circulación- respecto al mínimo nivel sin efecto observado en los ensayos con animales, se puede decir que la presencia de residuos por encima del LMR es más indicativa de que no se ha seguido la buena práctica agrícola, que de un riesgo para el consumidor.

Con estos criterios, la evolución de la eficiencia y calidad en la producción de alimentos ha sido muy positiva. A pesar de que algunos cuestionan el beneficio para los consumidores, el siguiente gráfico sobre la evolución del precio de 1 Kg. de trigo en el Reino Unido es muy concluyente.



Una evolución similar podría encontrarse en España, pues mientras que a mitad del siglo XX un jornal equivalía a tres Kg. de cereal, a finales de siglo equivale a unos 200 Kg. (Cerdá Olmedo, 2000). Como en otros campos de la actividad humana, este logro se ha conseguido gracias al uso juicioso de las nuevas tecnologías, y los nuevos beneficios acaban siendo compartidos con todos los eslabones de la cadena alimentaria, incluyendo a los consumidores.

En una situación de exceso de oferta, es legítimo que aparezcan opciones diferenciadas de mercado como la agricultura ecológica, basadas en la exclusión de algunos productos. Lo que es más difícil de explicar es la aportación de estas opciones a la sostenibilidad, pues sus propias autolimitaciones merman la eficiencia en la producción y el mayor precio del producto final los hace difícilmente asequibles a los consumidores más modestos.

La nueva legislación para la autorización de productos fitosanitarios, armonizada en la Unión Europea mediante la Directiva 414/91, exige la demostración de seguridad antes de su inscripción, pues incluye entre sus considerandos para la legislación propuesta:

“es necesario, en el momento de la autorización de los productos fitosanitarios, garantizar que, cuando se utilicen adecuadamente para los fines previstos, sean lo suficientemente eficaces y no tengan efectos inaceptables sobre los vegetales o sobre los productos vegetales ni efectos inaceptables sobre el medio ambiente en general, ni, en particular, un efecto nocivo sobre la salud humana o animal o en las aguas subterráneas”.

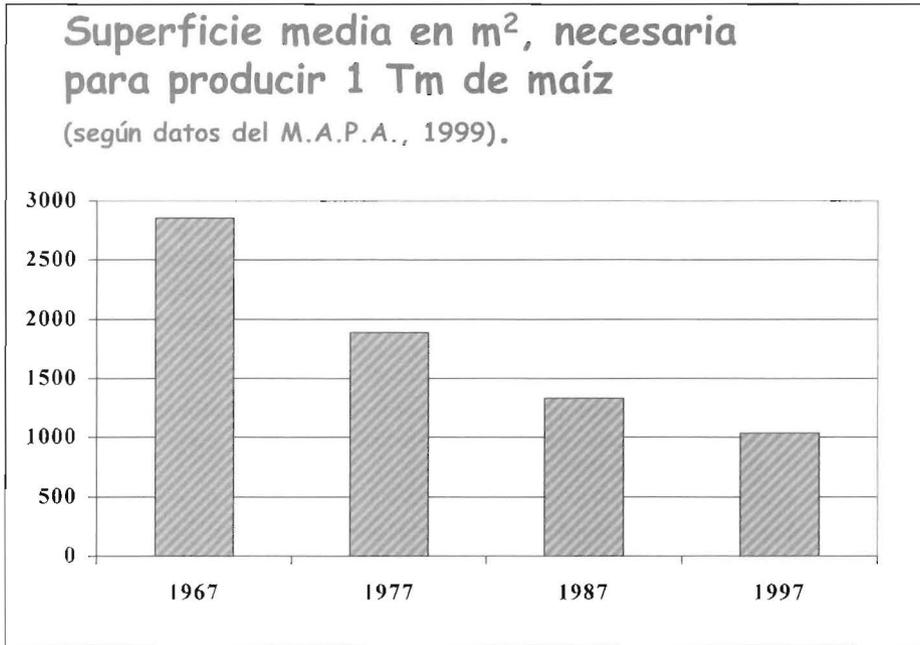
La inscripción de una materia activa en el Anexo I, presupone que al menos existe una formulación cuyo empleo respeta los principios establecidos en el párrafo anterior. Por supuesto que siempre podemos encontrar diferencias entre materias activas autorizadas respecto a distintos parámetros representativos de la seguridad del producto en condiciones particulares, diferencias que también pueden existir entre formulaciones diferentes de la misma materia activa, pero la bondad final del tratamiento seguirá dependiendo de que el agricultor haya respetado las condiciones establecidas en la etiqueta. Por ello, y ante la severa reducción en el número de materias activas que consigan llegar al Anexo I, es recomendable no seguir reduciendo las opciones disponibles con criterios excluyentes adicionales (que pueden conducir a un aumento en la aparición de resistencias), y aunar esfuerzos entre todos para mejorar la formación de los aplicadores, usando cada producto de acuerdo con las condiciones autorizadas en su etiqueta.

LA EFICIENCIA FAVORECE AL MEDIO AMBIENTE

La eficiencia es considerada un avance positivo en la industria, el transporte y los servicios, pero cuando se habla de “agricultura productivista” es generalmente de forma peyorativa. La verdad es que cuando se ha detectado algún problema debido al abuso de un medio de producción, la culpa no es de la tecnología —en principio neutra, como pueden serlo la electricidad o el acero— sino del mal uso que algunas personas han hecho de ella, frecuentemente perjudicando también sus propios intereses. De la misma forma que algunos conductores imprudentes no deben comprometer el uso sensato del automóvil por el resto de la sociedad, tampoco es razonable hacer pagar a justos por pecadores cuando se encuentran abusos en el empleo de fitosanitarios, fertilizantes o cualquier otro medio de producción.

Puesto que productos como fitosanitarios, variedades genéticamente modificadas, etc., están autorizadas sólo bajo unas recomendaciones de empleo que eviten consecuencias adversas, cuando la tecnología agrícola se usa correctamente la eficiencia en la

producción contribuye positivamente a la sostenibilidad. Veamos, como ejemplo, como han evolucionado en España las necesidades de suelo para producir una tonelada de maíz.



La máxima eficiencia en el uso del suelo es importante, pues cualquier tipo de agricultura representa una drástica alteración de la biodiversidad y representa la principal amenaza para los escasos espacios naturales del planeta. Podría presentarse un gráfico similar comparando la evolución en necesidades de recursos limitados como agua de riego, fertilizantes, energía, etc. Los que piensen en la importación de productos como alternativa al cultivo local deben considerar que además de las implicaciones sociales y pérdida de puestos de trabajo, el **impacto de producir cada tonelada de alimento** puede acabar siendo superior en países donde la tecnología productiva está menos desarrollada, especialmente si los controles medioambientales no son tan estrictos como en la Unión Europea. Si el desarrollo de automóviles capaces de recorrer 100 Km. con 3 litros de combustible es ecológico, también lo es el desarrollo de nuevas técnicas o variedades vegetales que precisen menos suelo, agua y energía para producir una tonelada de alimento.

EMPLEO DE VARIEDADES GENÉTICAMENTE MODIFICADAS

Mientras que todos buscamos la más moderna tecnología al elegir un coche, un ordenador o una medicina, en las aplicaciones de la moderna biotecnología a la mejora de plantas cultivadas, el adjetivo “transgénica” se asimila a un riesgo –tan bajo que no

se ha constatado después de 6 años de uso extensivo en una superficie 10 veces mayor que las tierras cultivadas en España ni en 81 minuciosos estudios financiados por la Unión Europea- y nos olvidamos de que, como en cualquier otra tecnología, los riesgos se evitan con unas recomendaciones de empleo adecuadas. El mayor conocimiento de los cambios realizados con la moderna biotecnología junto con las autorizaciones y seguimientos de instituciones públicas ofrece garantías adicionales comparables a los indicadores de temperatura del motor en los automóviles.

Los conocimientos actuales permiten afirmar –después de un escrutinio paso a paso y caso por caso, muy superior al realizado con cualquiera de las modificaciones genéticas convencionales-, que las nuevas variedades genéticamente mejoradas son **tan seguras** como sus versiones convencionales alternativas, con base en:

- extensos estudios realizados por las empresas antes de su comercialización (podemos enviar resúmenes sobre los productos comercializados)
- evaluaciones independientes “caso por caso” realizadas por expertos de las instituciones reguladoras más competentes del mundo (EPA, FDA, Comités Científicos de la Comisión Europea, etc.)
- un historial impecable de seguridad para personas y medio ambiente, después de 6 años de uso extensivo en los que se han sembrado billones de plantas en más de 175 millones de hectáreas (ISAAA, 2001).

Las nuevas variedades genéticamente tolerantes a insectos o a herbicidas tienen que demostrar su compatibilidad medioambiental en un largo proceso de evaluación caso por caso, y ha evitado en el año 2000 la aplicación de 22,3 millones de Kg. de fitosanitarios en los países donde su cultivo está autorizado. En el caso de la Unión Europea, si el 50% de la superficie de maíz, colza, remolacha y algodón hubiera sido sembrada con variedades GM autorizadas en otros países se habría podido reducir en 14,5 millones de Kg. la cantidad aplicada de insecticidas y herbicidas, y se habrían ahorrado 20,5 millones de litros de gasóleo, reduciendo las emisiones de CO₂ en 73 millones de Kg. (Phipps y Park, 2002).

El aumento en la eficiencia de la producción, respaldado en el continuado aumento de superficie sembrada por las nuevas variedades tiene también repercusión en la sostenibilidad, pues si con las variedades de maíz genéticamente protegidas contra plagas aumentamos la producción por hectárea en un 11%, esto significa un 10% menos de suelo, agua, gasóleo y otros recursos escasos o no renovables para producir una tonelada de grano. Es un avance modesto para conseguir que la agricultura sea más sostenible, pero un avance tan positivo para los consumidores como cuando se ofrecen coches ecológicos que necesitan menos combustible para recorrer 100 Km. Al fin y al cabo, nuestra atmósfera está globalizada desde siempre, y nos deben preocupar tanto las emisiones de CO₂ en nuestros hogares como las que se producen en el campo o en la selva amazónica cuando se talan bosques para sembrar cultivos cuyos granos luego importamos.

CONCLUSIONES

La bondad del empleo de los medios de producción autorizados depende tanto del seguimiento de la buena práctica agrícola por el agricultor que de la naturaleza de este medio de producción. Aunque en la sociedad actual parece haber demanda para diferentes modelos de agricultura, no hay motivos para cuestionar la seguridad alimentaria ni la medioambiental de las opciones que admiten el uso de fitosanitarios autorizados o de las variedades genéticamente modificadas que han superado los controles establecidos.

Si el objetivo es establecer clasificaciones respecto a la mayor o menor sostenibilidad de un determinado sistema, el criterio no debe basarse en la cantidad o naturaleza de los insumos empleados por hectárea cultivada, sino en los recursos consumidos (agua, energía, suelo, fertilizantes, etc.) por cada unidad de alimento, fibra, pienso o biocombustible producidos.

REFERENCIAS

CERDÁ OLMEDO, E., 2000. Ingeniería de la diversidad. Discurso de ingreso en la Academia de Ingeniería, Madrid, 33p.

DOMERCQ, A. y A. YAGUE, 1998. Programa de control de LMRs. Informe de los resultados del Plan Nacional de Vigilancia de Residuos 1996 en cereales, frutas, hortalizas y otros productos vegetales, ejecutado por los servicios de Sanidad Vegetal de las Comunidades Autónomas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 43 p.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 1999. Environment in the European Union at the turn of the century. European Environment Agency, Copenhagen, 446 p.

GARCÍA OLMEDO, F., 1998. La Tercera Revolución Verde. Plantas con luz propia. Editorial Debate, Madrid, 209 p.

GREGORY, P.J. y otros 21 autores, 2002. Environmental consequences of alternative practices for intensifying crop production. Agriculture Ecosystems & Environment, 88: 279-290.

LOMBORG, B., 2001. The Sceptical Environmentalist. Cambridge University Press, London, 515 p.

PHIPPS, R. H. y J. R. PARK, 2002. Environmental Benefits of Genetically Modified Crops: Global and European Perspectives on Their Ability to Reduce Pesticide Use. Journal of Animal and Feed Sciences, 11: 1-18.

TERUEL, V., 1998. Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas en Productos Vegetales en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 452 p.

LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: UN FIN COMÚN

E. J. González Sánchez*, J. Bergua Guillén, A. Martínez Vilela*, M. Pérez Berges****

*Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (AEAC/SV)
CIFA Alameda Obispo, Avda. Menéndez Pidal, s/n – 14004 CÓRDOBA
Tel/ Fax: 957-760797. E-mail: egonzalez@aeac-sv.org
Web: www.aeac-sv.org

**Asociación Aragonesa Agricultura de Conservación (AGRACON)
San Andrés 8, 3º - 50001 ZARAGOZA

RESUMEN

Se define la Agricultura de Conservación (AC) tanto en cultivos herbáceos como en cultivos leñosos. Posteriormente se analiza la evolución de dicha técnica en todo el mundo, así como las razones que han motivado su gran desarrollo en los últimos años. Por último se hace referencia a la situación de la AC en la comunidad de Aragón.

Introducción: ¿qué es la Agricultura de Conservación?

La AC comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, el agua, los agentes biológicos y los insumos externos (FAO, 2001). Permite de esta forma, la conservación del medio ambiente así como una producción agrícola sostenible. Se trata pues, de conseguir una agricultura sostenible en el tiempo, sin degradar los recursos naturales, pero sin renunciar a mantener los actuales niveles de producción.

La AC mantiene una cubierta orgánica permanente o semi-permanente sobre el suelo. Esta cubierta puede estar constituida por vegetación viva o por restos vegetales muertos. Su función es proteger físicamente el suelo de la lluvia, el viento y el sol, además de proporcionar alimento a la fauna del suelo (lombrices..). El laboreo antes conseguido mediante aperos lo realizan ahora estos organismos del suelo.

Agricultura de Conservación en cultivos herbáceos: laboreo de conservación

Los rastrojos del cultivo se dejan sobre la superficie del suelo, eliminándose su quema y aquellas labores que entierran gran cantidad de residuos, especialmente las de volteo como la vertedera y el arado de discos. De esta forma se reduce la mineralización y se elevan los niveles de materia orgánica. Con este fin, se han puesto a punto desde la década de los 30 diversas técnicas adaptadas a distintas condiciones de suelo, clima y cultivo:

- **Siembra directa:** no se realiza ninguna labor entre la cosecha y el establecimiento del siguiente cultivo. El control de malas hierbas se consigue con herbicidas de mínimo impacto medioambiental. Se trata del sistema ideal desde el punto de vista del medio ambiente y, en la mayoría de los casos, agronómico.

- **Laboreo mínimo:** en este sistema se realizan labores entre los sucesivos cultivos. Las variantes son muchas empleándose aperos como el arado cincel, gradas de discos, cultivadores y vibrocultivadores. La cantidad final de rastrojo dependerá del número de operaciones, de la agresividad de las mismas (profundidad, velocidad, etc) y del tipo de apero.

- **Laboreo en caballones:** la siembra se realiza sobre caballones permanentes que son reconstruidos durante el cultivo anterior, normalmente mediante dos operaciones, permitiendo un calentamiento más rápido del suelo y un mejor aprovechamiento de la humedad.

Cultivos leñosos y explotaciones forestales

Para los cultivos perennes se han desarrollado igualmente una serie de técnicas cuyo objetivo final es que el suelo permanezca cubierto y/ o inalterado a lo largo del año.

Cubiertas vegetales. Es el sistema de cultivo que ha demostrado mayores beneficios medioambientales. Consiste en establecer franjas de vegetación, espontánea o sembrada, en las calles entre el cultivo. Estas cubiertas son segadas, mecánicamente, químicamente o con ganado, a finales de invierno/ principios de primavera, antes de que empiecen a competir con el cultivo, dejándose los rastrojos sobre el suelo.

Inicios de la Agricultura de Conservación: el problema de la degradación de los suelos

Existe una cada vez mayor concienciación sobre las consecuencias que la agricultura convencional, con un intenso laboreo, provoca en el suelo, disminuyendo su fertilidad como consecuencia fundamentalmente de la erosión y de la pérdida de materia orgánica.

La erosión del suelo es sin duda uno de los mayores problemas medioambientales a escala mundial y la amenaza más importante para la sostenibilidad y el mantenimiento de la capacidad productiva de la agricultura (Pimentel, 1995).

Aunque el proceso de la erosión ha tenido lugar a lo largo de toda la historia de la agricultura, se ha intensificado considerablemente en la segunda mitad del siglo XX, fundamentalmente como consecuencia de un laboreo excesivo que deja el suelo desmenuzado, más susceptible al arrastre y sin ninguna protección frente a los agentes causantes de la erosión (las gotas de lluvia, el agua de escorrentía y el viento).

La erosión tiene un efecto dramático sobre la capacidad productiva de los suelos al originar la pérdida de sus horizontes más superficiales que son los más fértiles, pudiendo, en estado avanzado, conducir a una inutilización del mismo para tareas agrícolas. Sólo en los últimos cuarenta años se estima que se ha perdido por este proceso un tercio de la tierra arable mundial y continúan perdiéndose buenas tierras para la agricultura a un ritmo de 10 millones de hectáreas al año (Pimentel, 1995), superficie equivalente a la cosechada de cultivos herbáceos en España. Más aún, un 80% de la tierra dedicada a la agricultura a nivel mundial sufre problemas de erosión de medios a graves, con una progresiva pérdida de su capacidad productiva. Si esta pérdida de tierra agraria se combina con las proyecciones de aumento de la población mundial, que se espera que pase de 5.400 millones a 11.000 millones en los próximos 40-50 años, se aprecia la gravedad de la situación, pudiendo estar comprometida la capacidad de la agricultura para alimentar a la población mundial.

Esta degradación del suelo como consecuencia del laboreo excesivo también conduce a un aumento del agua de escorrentía, agua que sale de las parcelas acarreando sedimentos y otros contaminantes que afectan gravemente a la calidad de las aguas superficiales.

El coste de la erosión, considerando la pérdida de productividad de los suelos y los efectos fuera de la parcela, es muy elevado. En EEUU, considerando la tasa de erosión media existente a principios de los 80, unas 17 ton/ha/año (muy inferior a la existente en muchas zonas de España), el coste de la erosión provocada por la agricultura se estimaba en 44.000 millones de dólares (unos 6,6 billones de ptas) al año, siendo 27.000 millones atribuibles a la pérdida de productividad de los suelos (Pimentel, 1995).

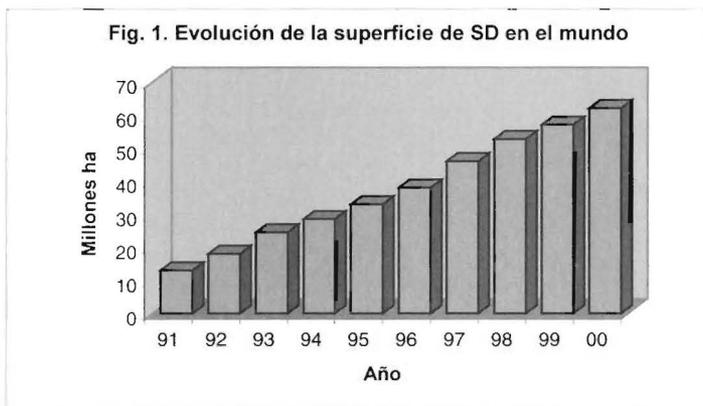
Todos estos hechos motivaron ya a finales de los años 30 en EE.UU, que sufrió por esta época graves procesos de erosión eólica que motivaron las famosas tormentas de polvo, la búsqueda de técnicas que permitieran una reducción de la erosión al tiempo que fueran económicamente viables. De esta forma surgió el concepto de laboreo de conservación hace ya 70 años. La falta de control de las malas hierbas y la ausencia de una maquinaria adecuada para la siembra sin laboreo previo, motivaron que en aquellos años los esfuerzos se desviarán más hacia el mínimo laboreo, sistema que ya en 1961 era seguido en unos 8 millones de hectáreas en EEUU.

La revolución mundial de la siembra directa

Comenzó hace unos 25 años con una serie de agricultores pioneros y de investigadores que poco a poco consiguieron poner a punto esta técnica en sus diversos aspectos: control de malas hierbas, maquinaria, rotaciones de cultivos, etc. Así se fue preparando el camino para que a finales de los años 80 se produjera la gran expansión de la siembra directa. A partir de entonces se ha producido una rápida evolución con un incremento de la superficie a nivel mundial cercano al 600% (ver figura 1) en los últimos 10 años.

Si bien fueron los positivos efectos medioambientales los que motivaron las primeras investigaciones y la puesta a punto de esta técnica, el principal responsable del rápido desarrollo en los últimos años ha sido el aspecto económico por el ahorro de costes que permiten estas técnicas.

La superficie agraria en régimen de siembra directa (SD) a nivel mundial ha pasado en los últimos 10 años de 15 a 62,5 millones de hectáreas (figura 1). La distribución por países aparece reflejada en la tabla 1.

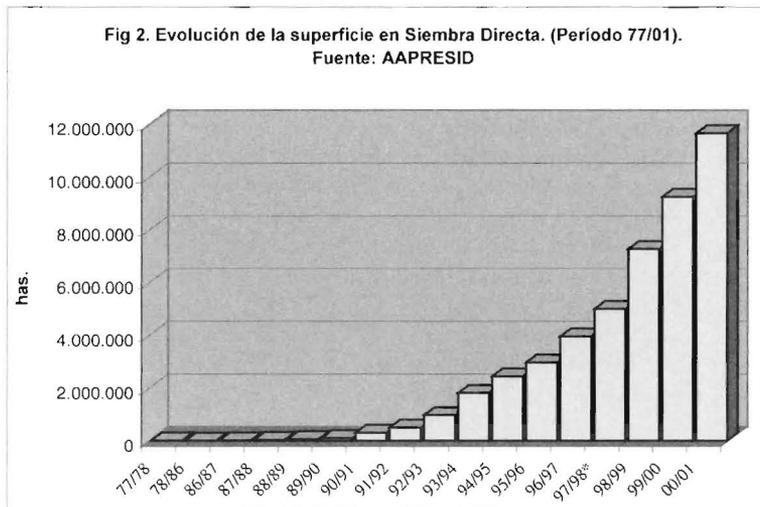


Fuente: Hebblethwaite, Revista Plantio Direto, CTIC, AAPRESID, CAAPAS, Derpsch, FAO

Tabla 1. Superficie en siembra directa y laboreo de conservación en diferentes países 1999/2000

PAÍS	SUPERFICIE EN SIEMBRA DIRECTA (HA)	SUPERFICIE EN LABOREO DE CONSERVACIÓN (HA)
Estados Unidos ¹	21.120.000	44.120.000
Brasil ¹	14.330.000	14.330.000
Argentina ²	11.000.000	11.000.000
Australia ¹	8.640.000	ND
Canadá ¹	4.080.000	ND
Paraguay ¹	1.100.000	1.100.000
México ¹	650.000	ND
Bolivia ¹	350.000	350.000
Reino Unido ³	200.000	ND
España ⁴	150.000	1.000.000
Alemania ⁵	ND	1.300.000
Francia ⁶	ND	700.000
Venezuela ¹	150.000	150.000
Chile ¹	100.000	100.000
Colombia ¹	70.000	70.000
Uruguay ¹	50.000	50.000
Ghana ¹	30.000	ND
Portugal ⁷	8.500	ND
Suiza ⁸	8.000	ND
Others ¹	500.000	ND
Total	62.500.000	

Fuente: 1) Rolf Derpsch, GTZ, 2001, 2) Victor Trucco, AAPRESID, 2001, 3) SMI, 2000, 4) Fuentes Propias, 5) Jana Epperlein, GKB, 2001, 6) Denis le Châtelier, APAD, 2000, 7) Gottlieb Basch, APOSOLO, 2001, 8) Wolfgang Sturny, Swiss No-Till 2001.



Como se puede apreciar la expansión se ha producido fundamentalmente en 3 grandes zonas: América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México), América de Sur (fundamentalmente Brasil, Argentina y Paraguay) y Australia. Especialmente espectacular ha sido la evolución en

Brasil y Argentina (ver figura 2) donde en tan solo 8 años se ha pasado de 1 millón de hectáreas a 11 millones, representando actualmente el 46% de la superficie agrícola argentina (Trucco, 2001). Además, en esta zona la siembra directa es prácticamente la única tecnología de AC aplicada.

Aunque las razones que han motivado esta importante introducción difieren en cada una de las zonas, si se pueden apreciar una serie de factores comunes que la han favorecido.

- a) Mejora de la técnica y los instrumentos necesarios, fundamentalmente las sembradoras para siembra directa y los herbicidas de amplio espectro y mínimo impacto ambiental. Asimismo se ha profundizado en la idea de la AC como un sistema agrario nuevo, que implica cambios en las rotaciones, sistemas de fertilización y control de plagas. No se trata simplemente de dejar de labrar, sino de un sistema agrario completo que el agricultor ha de conocer.
- b) Los resultados obtenidos al cabo de los años que no solamente hayan consistido en un ahorro de costes de cultivo, sino que también en unos rendimientos iguales o superiores a los sistemas convencionales, un ahorro de fertilizantes químicos y una reducción del consumo de agua en los regadíos.
- c) La evolución de los mercados mundiales, con continua reducción de los precios de los productos agrícolas. En Latinoamérica la espectacular evolución se ha debido principalmente a la necesidad de disminuir costes en estas agriculturas no subvencionadas para poder competir.
- d) Mayor concienciación medioambiental y aparición de legislación en determinados países promoviendo técnicas agrícolas más sostenibles y menos dañinas para el medio ambiente. Un ejemplo de ello es el programa "Conservation Compliance" introducido en Estados Unidos en 1985, que exigía a los agricultores con tierras en zonas altamente erosionables (un tercio de la superficie agraria estadounidense) adoptar sistemas que mejoraran la conservación del suelo. El laboreo de conservación fue aplicado por un 84% de los agricultores. El éxito de este programa ha sido rotundo. En 1995 la erosión en esta superficie altamente erosionable había disminuido una media de 23 tn/ha/año y en casi la mitad de la misma los niveles de erosión habían descendido por debajo del límite máximo tolerable (AREI, 97).
- e) Constitución de asociaciones promotoras de estas técnicas que han llevado a cabo una gran labor de difusión, extensión y apoyo técnico; tanto a nivel nacional, como la Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa (AAPRESID), la Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, o el CTIC (Centro de Información Tecnológica de Conservación) en EEUU, como supranacional, como la Confederación de Asociaciones Americanas para la Producción Agropecuaria Sustentable (CAAPAS), con el objetivo de intercambiar tecnología y experiencias en los diversos países.

Otro aspecto que está favoreciendo y en el futuro se espera que tenga una importante repercusión es el efecto de la AC favoreciendo el secuestro de carbono en el suelo. Existen estudios en EEUU (Kern, 1993) que establecen que si un 76% de la superficie agrícola de este país adoptara técnicas de AC, se conseguiría una disminución equivalente a aproximadamente del 0.7% al 1.1.% de las emisiones de CO₂ en EEUU por combustión de fuentes fósiles, debido a la combinación del secuestro de carbono en el suelo y al hecho de que los métodos

de AC requieren menor consumo de gasóleo. Este hecho podría conducir a pagos directos a los agricultores por su mitigación del efecto invernadero, por parte de las administraciones o directamente de los agentes emisores como las petroleras.

Podemos apreciar en la tabla I como el desarrollo de la siembra directa está siendo menor en otras partes del mundo como Asia, Europa y África, donde los graves problemas de degradación de suelos deberían precisamente ser un acicate para una mayor expansión de las mismas. Cabe citar, en este sentido, el interés creciente mostrado por estas técnicas por organizaciones internacionales como la FAO o el Banco Mundial y de agencias internacionales de desarrollo como el GTZ alemán o el CIRAD francés, que están colaborando a la difusión de estas técnicas en diferentes zonas del mundo. Así la FAO ha promovido en los últimos años la creación de diferentes redes para promover la AC como el African Conservation Tillage Network (ACT) en África, la Red Latinoamericana de AC (RELACO) en América Latina, la South Asia Conservation Agriculture Network (SACAN) en el sur de Asia y la Eurasian Conservation Agriculture Network (ECAN) en Asia Central.

4. Agricultura de Conservación en la Unión Europea

La introducción de estas técnicas en los países de la UE ha sido más lenta que en los anteriormente reseñados. Sin embargo, se han realizado en todos ellos numerosos ensayos de campo adaptados a las diversas condiciones locales (suelos, climatología y rotaciones de cultivos habituales) que han demostrado la viabilidad de la siembra directa en la mayor parte de la superficie agrícola europea. A pesar de ello en una encuesta realizada entre técnicos y agricultores de Europa Occidental, se le preguntaba a los agricultores por las principales razones para no usar laboreo de conservación. Más de un 70% contestaba la falta de apoyo técnico, un 55% la disminución de rendimientos y un 40% la falta de resultados científicos (Tebrügge, 1997). Se hace pues necesaria una mayor labor de difusión de los numerosos resultados ya obtenidos y de extensión.

Recientemente se han creado asociaciones en diversos países como Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Italia, Portugal, Suiza o Reino Unido con el objeto de fomentar la transferencia de tecnología y la adaptación a las diferentes condiciones de cada país, y de esta forma potenciar el desarrollo de estas técnicas de forma similar a como sucedió en América. Asimismo se están organizando asociaciones en otros países como Irlanda, Suecia o Hungría. La actuación de estas asociaciones se coordina a través de la Federación Europea de AC (ECAF), cuyos principales objetivos son la interacción con la administración de la Unión Europea, la colaboración con organizaciones internacionales como la FAO y la integración de los esfuerzos en los diferentes países facilitando un intercambio de experiencias e información.

Otra perspectiva favorable para el laboreo de conservación en la Unión Europea es la legislación de la Política Agraria Comunitaria que ya a partir de la reforma de 1992 introdujo medidas agroambientales apoyando prácticas agrícolas especialmente beneficiosas para el medio ambiente. En la Agenda 2.000 se da un paso más allá, apareciendo por primera vez la protección del medio ambiente como uno de los objetivos fundamentales de la PAC. En este documento se expresa la necesidad de una mayor integración de las cuestiones medioambientales en las OCM, para lo que la Comisión Europea presentará una propuesta de supeditar los pagos directos (que por otra parte son cada vez de mayor importancia) a una serie de condiciones medioambientales, de una forma parecida a lo que ya se hizo en EEUU

hace 12 años. Asimismo se contempla un incremento de los recursos presupuestarios a las medidas agroambientales.

5. Situación de la Agricultura de Conservación en España

España es, por una serie de factores intrínsecos, uno de los países en que las técnicas de AC pueden aportar mayores beneficios:

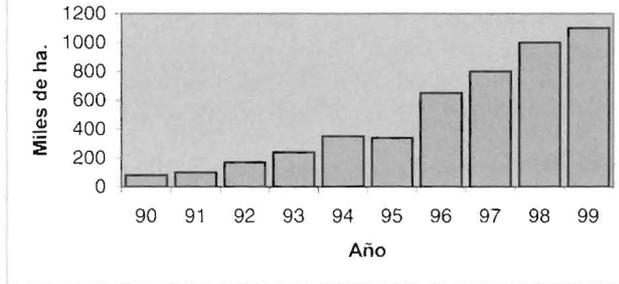
- Nuestras condiciones climatológicas, topográficas y edafológicas favorecen enormemente los procesos erosivos, acentuados en las últimas décadas por el laboreo intensivo. Más de 50% del suelo agrario tiene un riesgo de erosión medio a alto, cifra que en algunas regiones alcanza el 70%.
- Escasez del recurso agua y gran variabilidad interanual. El agua es, sin duda, el factor limitante de la producción en muchas zonas agrícolas españolas.
- Bajo contenido de materia orgánica. El contenido de materia orgánica en muchos suelos españoles es inferior al 1,5%, consecuencia de nuestras condiciones climatológicas y, sobre todo, de los sistemas de manejo del suelo empleados.

Dadas las potenciales ventajas de estas técnicas en y su alta aceptación en diversas partes del mundo y con el objeto de comprobar la adaptación de estas técnicas a nuestras condiciones, se iniciaron a principios de los 80 una serie de ensayos, algunos de los cuales tienen ya más de 15 años de duración

El número de estas experiencias es considerable, abarcando gran número de grupos de investigación, con ensayos de mínimo laboreo y siembra directa comparándolos a los sistemas convencionales típicos en la mayor parte de los sistemas agrarios españoles. Todos ellos han mostrado la viabilidad económica de estos sistemas conservacionistas, con importantes ahorros de costes y tiempo, así como las ventajas medioambientales y agronómicas antes señaladas.

A pesar de ello y como sucede en el resto de los países europeos, en España estas técnicas han evolucionado más lentamente que en América (Figura 3), si bien el ritmo ha aumentado en los últimos años. Aunque no existe un censo nacional de la superficie bajo estas técnicas, estimaciones en **cultivos herbáceos** a partir del área tratada con herbicidas no residuales antes de la siembra, la sitúan alrededor de 1.100.000 de hectáreas. La mayor aplicación corresponde a cereales de invierno (cebada, trigo) con unas 700.000 ha, seguido de girasol con unas 200.000 ha y maíz con 50.000 ha. Actualmente se está extendiendo en otros cultivos como colza, guisante, garbanzo, remolacha, lino, algodón, etc. También está experimentando gran auge en maíz forrajero y en praderas por el ahorro de tiempo que supone y la mayor oportunidad de siembra. En cuanto a **cultivos perennes**, el sistema de cubiertas vegetales se está difundiendo en el olivar. Igualmente este sistema se está aplicando en otros frutales como cítricos, peral, melocotonero y en la vid, así como en sistemas forestales: eucalipto, dehesas, repoblaciones forestales.

Fig. 3. Estimación de la evolución de la superficie bajo agricultura de conservación en cultivos herbáceos en España. (Año 95: año de extrema sequía). La proporción en Siembra Directa sería de un 25% (unas 250.000 ha).



La Agricultura de Conservación en Aragón

También en Aragón esta técnica está desarrollándose en la última década. Desde 1992 se han realizado ensayos comparativos, fundamentalmente en secano, bajo diferentes sistemas de cultivo (siembra tradicional, laboreo mínimo y siembra directa). En 1998 se publicaron Informaciones Técnicas del Gobierno de Aragón (nº 55/1998), los resultados de 7 años de ensayo, y en ellos puede verse que en estas condiciones las producciones bajo SD son ligeramente inferiores a las obtenidas en siembra convencional en la media ponderada de los 7 años. También se observa menor diferencia porcentual cuanto mayores son las producciones (Pérez Berges, 1998). Ello hace pensar que con la situación de precios de los cereales a la baja y costes crecientes de los factores de producción, esta diferencia puede incluso compensarse con el mayor coste del sistema tradicional, y ello sin tener en cuenta los beneficios agroambientales que supone el no laboreo en la mayor parte de los suelos de Aragón, con bajos contenidos de materia orgánica, pluviometría inferior a 300 mm y topografía ondulada muy propensa a la erosión hídrica y eólica.

En una encuesta publicada igualmente por el Gobierno de Aragón (Inf. Téc. 52/1998) puede verse que solamente un 9 % de agricultores que habían hecho SD no pensaban repetir, mientras que un 65 % querían mantener o aumentar la superficie cultivada con SD. También refleja la encuesta la necesidad de información que tienen los agricultores en relación con la técnica que conlleva la SD: maquinaria, control de malas hierbas, manejo de la cubierta vegetal, manejo del pastoreo y en general, conocimiento del suelo.

Dentro de la Asociación Española de Agricultura de Conservación / Suelos Vivos, creada en 1995, se ha constituido la Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación para tratar de dar soluciones a los problemas que la puesta en práctica de estas técnicas plantea en la Comunidad de Aragón.

Bibliografía

- FAO (2001) Conservation Agriculture, Matching Production with Sustainability. What is the Goal of Conservation Agriculture? FAO homepage.
- PIMENTEL, D. et al. 1995. Environmental and Economic Cost of Soil Erosion and Conservation Benefits. Science, 267: 1117-1123.

TRUCCO, V. 2001. Argentine Agriculture: An innovative Experience Abstracts del I Congreso Mundial sobre AC. Madrid, España.

DERPSCH, R. 2001. Conservation Tillage, No-tillage and related technologies. Abstracts del I Congreso Mundial sobre AC. Madrid, España.

Agricultural Resources and Environmental Indicators, 1996-97. USDA.

Diputación General de Aragón (2001). Superficies provinciales de cultivos Gobierno de Aragón, Informaciones técnicas, nº 51,52/1998

LA AGRICULTURA ECOLÓGICA EN ARAGÓN. EVOLUCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y ORGANIZACIÓN. PLAN DE EXPERIMENTACIÓN Y DIVULGACIÓN HACIA EL SECTOR.

Fernando Villa Gil

Centro de Técnicas Agrarias

Dpto. de Agricultura. DGA

Apdo. 727. 50080 Zaragoza

Resumen:

En la presente comunicación, se define la Agricultura Ecológica, haciendo referencia a la Normativa por la que se rige, a sus orígenes y evolución en España y Aragón. Igualmente se analiza cual ha sido su crecimiento desde el momento en que se reconoció oficialmente, comparando la situación aragonesa con la nacional, haciendo referencia a la transferencia de competencias a nuestra Comunidad, a la constitución y funcionamiento del Comité Aragonés de Agricultura Ecológica y a las ayudas que se conceden al sector. Por último se presenta el Plan de Experimentación y Divulgación del Centro de Técnicas Agrarias correspondiente al año 2002.

Concepto:

La Agricultura Ecológica se define como un método específico de producción cuyo objetivo es la obtención de alimentos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y manteniendo la fertilidad del suelo y la sanidad de los cultivos mediante técnicas sostenibles, sin la aplicación de productos químicos de síntesis.

Normativa:

La Agricultura Ecológica se rige por el Reglamento (CEE) nº 2092/91 del Consejo, sobre producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. En él están contenidos un conjunto de normas a aplicar en toda la Comunidad sobre la producción, etiquetado y control que permitirán proteger la Agricultura y Ganadería Ecológicas, garantizando unas condiciones de competencia leal entre los productores, evitando el anonimato en el mercado de los productos ecológicos, y asegurando la transparencia en los procesos de producción y elaboración, lo que aumentará la credibilidad de estos productos entre los consumidores.

A fin de garantizar a los consumidores que los productos etiquetados están amparados por la normativa, la Agricultura Ecológica se ha dotado de sistemas de control sobre las producciones, los productores y elaboradores, supervisados por los estados miembros que garantizan que los procesos de producción y comercialización seguidos cumplen con el Reglamento 2092/91.

En Aragón, las competencias en materia de Agricultura Ecológica fueron asignadas al Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes por decreto 26/1995 de 21 de febrero (Boa nº27), siendo por lo tanto la autoridad de control.

Origen y Evolución.

El concepto actual de Agricultura Ecológica es el resultado de una serie de reflexiones y del desarrollo de métodos alternativos de producción agraria que se iniciaron en el norte de Europa a principios del siglo XX.

Se consideran como precursores de esta agricultura tres importantes movimientos, inspirados en distintas corrientes filosóficas y arraigadas en el contexto económico y político de los países de origen. Estos movimientos fueron:

1. La Agricultura biodinámica, cuyo origen se remonta a 1913 desde Alemania.
2. La Agricultura orgánica desarrollada a partir de 1940 desde Inglaterra.
3. La Agricultura Ecológica, que se inicia en Suiza en la década de los 80.

Los tres movimientos se caracterizan por:

- Su rechazo a los abonos solubles de síntesis.
- Conceden gran importancia a la fertilización orgánica y al humus, preconizando la máxima utilización de los recursos renovables.
- Importancia del equilibrio ecológico.
- Existen algunas diferencias entre ellos en cuanto a la necesidad de disponer de explotaciones asociadas a ganado o no.

Y por último, la diferencia más notable entre los tres movimientos es que la Agricultura Biodinámica introduce una dimensión cósmica en el desarrollo de los cultivos, señalando la influencia de la luna y los astros sobre su evolución.

Desde sus orígenes el crecimiento de estos movimientos fue bastante lento y quedó paralizado con la II Guerra Mundial y sus consecuencias, por lo que la evolución y el crecimiento de la Agricultura Ecológica en Europa se produce a partir de la década de los 70, en base a la actividad de numerosas asociaciones y organizaciones que comienzan a crear normas de producción.

A partir de los años 80 se produce un mayor desarrollo en toda Europa y en Estados Unidos merced a:

- La demanda de los consumidores de productos de calidad.
- La toma de conciencia de cuestiones de salud ligadas a la alimentación.
- La preocupación por la conservación del patrimonio medioambiental.
- Reconocimiento por los organismos oficiales de los distintos países, en los que se comienzan a destinar recursos para investigación y ayudas a los cultivadores.

En España, los movimientos de Agricultura Ecológica en la década de los 80 estaban acogidos a la actividad de algunas asociaciones entre las que cabe destacar Vida Sana. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en colaboración con las Comunidades Autónomas y estas organizaciones, vieron la necesidad de regular el sector, y con fecha de 30 de septiembre de 1989 se reconoció con carácter provisional la denominación genérica "Agricultura Ecológica" y se aprobó el texto del Reglamento y el Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica (C.R.A.E.).

Con esta estructura se creó un grupo de trabajo constituido por personal del Consejo Regulador, personas dedicadas profesionalmente a la Agricultura Ecológica, personal del MAPA y de las Comunidades Autónomas que permitió elaborar y aprobar las Normas Técnicas del CRAE, tomando como base las normas de las distintas asociaciones españolas dedicadas a la promoción de la Agricultura Ecológica y a la certificación de sus productos, junto con las normas básicas de IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), la "Propuesta de Reglamento de la CEE relativa al sistema de producción ecológica de productos agrarios y su presentación en los productos agrarios y alimenticios" y las normas de algunas asociaciones europeas.

La fecha de aprobación de dichas Normas Técnicas fue el 25 de mayo de 1990. La calidad de elaboración fue tal que tras la aprobación del Reglamento (CEE) 2092/91, todavía fueron referente para la falta de legislación sobre algunos aspectos de la producción (ganadería entre otros) durante bastante tiempo.

Posteriormente, el 24 de junio de 1991 se promulgó el Reglamento (CEE) nº 2092/91 del Consejo, sobre la producción agrícola y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, que tras haber recibido actualizaciones con distintos Reglamentos Comunitarios es el que hoy en día regula la producción, envasado, comercialización e importación de las producciones ecológicas.

Superficies.

Las estadísticas de los primeros años de la evolución de la Agricultura Ecológica reflejan unas ciertas inexactitudes, a pesar de lo cual vamos a reflejarlas:

Cuadro 1. Superficies, operadores, explotaciones ganaderas y actividades industriales en España y en Aragón. Años 1991-2001.

Año	Superficies		Operadores				Explotaciones ganaderas		Act. Industriales	
	España	Aragón	Productores		Elaboradores		España	Aragón	España	Aragón
1991	4.235	0	346	0	50	0	0	0	0	0
1992	7.858	213	585	17	69	5	0	0	69	5
1993	11.674	636	735	24	114	13	0	0	124	13
1994	17.208	3.978	909	67	157	15	0	0	86	15
1995	24.078	5.402	1.042	79	191	22	0	0	191	22
1996	103.735	8.313	2.161	88	240	17	273	3	254	18
1997	152.105	10.458	3.526	126	281	16	615	4	281	16
1998	269.465	13.093	7.392	138	388	23	1.086	5	465	34
1999	352.164	15.638	11.812	167	526	30	1.159	6	609	48
2000	380.920	26.317	13.394	250	666	37	1.082	3	631	43
2001	485.140	47.576	15.662	480	914	53	1.336	4	996	62

Como puede observarse, el crecimiento que experimenta la Agricultura Ecológica en España es lento hasta 1995, año en que por Real Decreto 51 de 20 de enero del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se establece un régimen de ayudas al sector en función de los cultivos.

En Aragón se ha mantenido un crecimiento sostenido, siendo a partir del año 2000 donde se registra un mayor incremento tanto en superficie como en número de operadores.

Con respecto a la superficie, Aragón ocupa el cuarto lugar a nivel nacional, con casi el 10% de superficie de cultivo, siendo superada por Extremadura, Andalucía y Cataluña, y con relación al número de operadores la séptima, superada además de por las ya mencionadas por la Comunidad Valenciana, Navarra y Murcia. Sus inscritos suponen un poco más del 3% del total.

Cuadro 2. Superficies de cultivos en Aragón y España. año 2001 y % sobre el total.

Cultivo	Aragón	España	%
Cereales y leguminosas	21.538,67	68.520,01	31,4
Hortalizas y tubérculos	74,88	2.692,63	2,8
Frutales	123,17	3.351,25	3,7
Olivar	750,65	82.377,17	0,9
Vid	185,75	11.842,26	1,7
Frutos secos	563,85	33.171,36	1,7
Aromáticas y medicinales	121,17	2.299,76	5,3
Bosques y recolección silvestre	402,69	40.177,36	1,0
Pastos, praderas y forrajes	4.963,29	199.264,50	2,5
Barbechos y abono verde	17.909,84	38.022,20	47,1
Otros	924,00	2.105,33	43,9
<i>Total</i>	<i>47.575,96</i>	<i>485.139,70</i>	<i>9,8</i>

Aragón tiene inscrita el 9,8% de la superficie nacional, teniendo un peso considerable en la superficie inscrita de cereales, y es el principal productor de trigo duro.

Hay que hacer constar la dificultad para obtener los datos estadísticos en los primeros años por la dispersión del sector, ya que la inspección certificación y control se realizaba desde Madrid. A partir de 1993 se comenzaron a realizar las transferencias a las CC.AA., siendo las primeras en recibirlas la andaluza y la valenciana.

Organización.

A partir de la promulgación del Reglamento 2092/91, el INDO (Instituto Nacional de Denominaciones de Origen) y el CRAE tratan de transmitir y hacer cumplir toda la normativa que viene de Europa. Son unos años en los que se realizan multitud de cursos y jornadas impartidas por distintas organizaciones, escuelas técnicas, Comunidades Autónomas y en los que la afluencia suele ser muy numerosa. Igualmente, en 1993 se crea la SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica), teniendo como primera sede la ETSIA de Madrid.

La estructura que tenía el CRAE se estaba demostrando insuficiente debido a que el número de inscritos iba creciendo, de ahí que las Comunidades Autónomas que tenían un mayor número de inscritos comenzaran ya en 1993 a recibir las transferencias de la Agricultura Ecológica.

En Aragón, el Decreto 26/1995 de 21 de febrero de la Diputación General de Aragón (BOA nº 27) asigna las competencias sobre Agricultura Ecológica al Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Poco después, por Orden de 20 de abril de 1995 (BOA nº 54) del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes, se crea el Comité Aragonés de Agricultura Ecológica y se regulan sus funciones y composición y a continuación, la Orden de 27 de abril de 1995 (BOA nº 57), el Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes nombra con carácter provisional los miembros del Comité Aragonés de Agricultura Ecológica (CAAE). Este comité está constituido en la actualidad por 4 vocales en representación de las explotaciones, 4 vocales en representación de las industrias y 2 vocales nombrados por la administración. De entre los vocales representantes de las explotaciones y de las industrias se elige un Presidente, Vicepresidente y Secretario.

Tras la creación de la estructura legal y administrativa precisa, se realizaron las transferencias en octubre de 1995 recibiendo 5.402 ha correspondientes a 101 operadores inscritos.

En la actualidad el CAAE está formado por la Junta de gobierno, que es quien estudia y resuelve la problemática del día a día y el Comité de Calificación constituido por técnicos nombrados por la Administración, conocedores del mundo de la Agricultura Ecológica, que son los responsables de aplicar la legislación sobre todos y cada uno de los expedientes que el equipo de inspección les presenta tras haber visitado las explotaciones de los operadores. Una vez estudiado el expediente, dicho Comité emite un informe en el que señala la calificación que obtienen cada una de las parcelas que se les presentan en función de su evolución. Las calificaciones serán: "Año cero", Conversión o Agricultura Ecológica. La Normativa señala que la calificación de Agricultura Ecológica podrá obtenerse cuando se hayan aplicado las normas de producción durante un período de conversión de dos años antes de la siembra en el caso de cultivos herbáceos y de al menos tres años antes de la primera cosecha en el caso de cultivos vivaces.

Sistema de control.

En Aragón la autoridad de control, designada por el Estado Español es la Diputación General de Aragón y el organismo de control autorizado es el Comité Aragonés de Agricultura Ecológica, al que deberán someterse todos los operadores. Dispone actualmente de 5 técnicos, además de un amplio equipo administrativo.

Como mínimo cada operador debe recibir una visita de inspección anual.

Las decisiones y certificaciones del Comité de calificación deben ser refrendadas por la Junta de Gobierno del CAAE y en su caso por el Presidente.

Ayudas a la Agricultura ecológica.

Las ayudas previstas para los operadores que realizan Agricultura ecológica son cofinanciadas, de forma que la Unión Europea aporta el 50%, el 25% el Ministerio de Agricultura y el 25% restante la DGA desde la Dirección General de Estructuras Agrarias. Tienen su origen en 1995, año en que el BOE nº 33 de 8 de febrero publicó el Real Decreto 51/1995 de 20 de enero, por el que se establece un régimen de medidas horizontales para fomentar métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de la protección y la conservación del espacio natural.

Las cantidades que deberían corresponder por hectárea cultivada a cada operador que cumpliera con las condiciones exigidas, en función de la una superficie mínima de cultivo establecida son:

Cuadro 3. Cantidades y superficies mínimas publicadas en 1995 (BOE) y las que actualmente se perciben en Aragón.

Cultivo	BOE (1995)		BOA (2001)	
	Superficie mínima	Prima Máxima pts/ha	Superficie mínima	Importe máximo Euros/ha
Herbáceos de secano	5	20000	2	93,32
Herbáceos de regadío	1	25000	0,5	135,23
Hortícolas	0,5	40000	0,3	258,44
Invernaderos y cultivos bajo plástico	0,3	75000	-	-
Olivar y viña	5	45000	1	266,85 olivar 228,38 viña
Frutales de secano	5	35000	-	-
Frutales de regadío	1	60000	0,5	Pepita 256,03 Hueso 364,21
Pastos / dehesas	15	15000	-	-

Para percibir estas ayudas es necesario cumplir unos compromisos de carácter general más unos compromisos adicionales a cada una de las submedidas establecidas (cultivos o grupos de cultivos) que vienen publicados para el año 2002 en la Orden del Departamento de Agricultura, por la que se establecen las medidas para la solicitud y concesión de ayudas agroambientales, medida 3.4. Agricultura Ecológica, publicada en el BOA nº 12 de 28/01/02.

Plan de experimentación y divulgación hacia el sector.

En el Centro de Técnicas Agrarias se vienen realizando actividades relacionadas con Agricultura Ecológica desde 1992. Desde el primer momento se trató de que los planes de trabajo respondiesen a las necesidades reales del sector y, puesto que los medios humanos siempre han sido limitados, la solución hallada fuese aplicable por el mayor número posible de operadores.

En Aragón el máximo número de inscritos pertenece al sector de cereales, pero se han recibido propuestas de experimentación, problemáticas y consultas en todos los cultivos, no pudiendo en muchas ocasiones dar respuesta a muchas de las peticiones.

En el cuadro 4 podemos ver el plan de experimentación a desarrollar en Agricultura ecológica para el año 2002.

Cuadro 4. Plan de experimentación 2002.

Ensayo	Tema	Localidad
1	Confusión sexual de carpocapsa en peral y manzano	Pinsoro
2	Trampeo masivo Ceratitis	Pinsoro
3	Mosca del olivo	Calaceite
4	Confusión sexual de polilla racimo	Tosos
5	Aromáticas	Valderrobres
6	Manejo de Agrosistemas (I+D)	Sádaba
7	Variedades de cereal	Fuentes Calientes
8	Desherbado por métodos físicos (I+D)	Finca SIA

El desarrollo de este plan de trabajo no sería posible sin la colaboración de otros Servicios y Centros, siendo los de mayor participación: El SIA, desde las Unidades de Sanidad Vegetal y Producción Animal, el Centro de Protección Vegetal y el Laboratorio Agroambiental.

Los resultados obtenidos en la experimentación son publicados en las Informaciones Técnicas del Centro de Técnicas Agrarias y/o enviadas a los agricultores con interés en esa actividad.

Para el presente año, se han realizado o se realizarán las actividades formativas reflejadas en el cuadro 5, desde el Servicio de Formación y Extensión Agraria.

Cuadro 5. Actividades formativas.

Localidad	Título/Tema	Fecha	Horas
Sádaba	Exposición de resultados del proyecto "Manejo de Ecosistemas" y demostración Rastra	1ª Quincena febrero	4
Muniesa	Introducción a la Agricultura Ecológica	1ª Quincena marzo	12
Fuentes Calientes	Jornada cereales. Visita ensayos A.E.	2ª Quincena mayo	6
Calanda	Agricultura Ecológica	2ª Quincena septiembre	30
Huesca	Introducción Agricultura ecológica	2ª Quincena octubre	12
Aniñón	Introducción Agricultura Ecológica	1ª Quincena noviembre	15
Ejea de los Caballeros	Agricultura Ecológica	2ª Quincena noviembre	30

Igualmente se ha participado en Congresos de carácter internacional y nacional con comunicaciones referidas a cereales y frutales.

Hay que destacar el crecimiento que ha experimentado el sector, que desde el momento de recibir las transferencias en 1995, ha multiplicado por más de 8 el número de hectáreas inscritas y por más de 5 el número de operadores.

Bibliografía:

- Reglamento y Normas Técnicas del Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica (CRAE). Servicio de Extensión Agraria - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Reglamento (CEE) nº 2092/91 del Consejo, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios.
- BOE nº 33, miércoles 8 de febrero de 1995. Fascículo segundo.
- Estadísticas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Alimentación. Subdirección General de Denominaciones de Calidad y Relaciones Interprofesionales y contractuales. Estadísticas 1991-2001. Agricultura Ecológica.

- BOA nº 27 de 6 de marzo de 1995. Decreto 26/1995 de 21 de febrero de la Diputación General de Aragón.
- BOA nº 54 de 8 de mayo de 1995. Orden de 20 de abril de 1995 del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación General de Aragón.
- BOA nº 57 de 15 de mayo de 1995. Orden de 27 de abril de 1995 del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes.
- BOA nº 2 del 28 de enero de 2002. Orden del Departamento de Agricultura.
- L'Agriculture Biologique. Bailillieux P., Sharpe A. Europe verte 2/94. Commission Europeenne.

AGRONOMIA SOSTENIBLE DE LOS CULTIVOS LEÑOSOS

Bruno Marangoni, Elena Baldi, Adamo Domenico Rombolà

Dipartimento Colture Arboree Università di Bologna.

INTRODUCCION

Los modelos agrícolas más difundidos en Italia que ponen en práctica los principios y las técnicas propias de la agricultura sostenible son las *producciones integradas*, la *agricultura biológica* y la *biodinámica*. La aparición de sistemas de producción integrada en Europa y en el mundo no se ha improvisado, sino que ha sido fruto de una evolución gradual que ha tenido y mantiene siempre como objetivo reducir los aportes de productos químicos al ambiente.

En Europa, las principales etapas de esta evolución se originaron en los primeros años 70 cuando se pasó de la "lucha a calendario" a la "lucha dirigida"; la etapa siguiente fue la de la "lucha integrada" de la que se derivó directamente la "producción integrada".

La Producción Integrada (P.I.) es, según la definición de la Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada (1993), "un sistema agrícola de producción de alimentos y otros productos de calidad, que utiliza recursos y mecanismos de regulación natural para sustituir aportes perjudiciales al ambiente y que asegura una agricultura viable a largo plazo".

Este tipo de agricultura consiste en un sistema de producción de alimentos que integra recursos y mecanismos de regulación natural, con el uso, controlado y cuidadoso, de productos químicos de síntesis. La combinación equilibrada de medios agronómicos, físicos, químicos y biológicos permite obtener producciones de buena calidad con un número reducido de tratamientos antiparasitarios.

Las producciones integradas están teniendo en Italia una amplia aplicación aunque existen notables diferencias entre las distintas regiones. En el sector frutal, muy activo desde el principio han destacado las regiones de Emilia Romagna y el Trentino Alto Adige.

El reglamento CEE 2078/1992 ha tenido un notable impacto en Italia llevando a una sensible reducción (de casi el 30%) del uso de productos fitosanitarios (Figura 1) y fertilizantes. En 1998 la Producción Integrada ocupaba casi 410.000 hectáreas; subdivididas en 194.000 hectáreas al norte, 161.000 hectáreas en el centro y 55.000 hectáreas al sur (Sansavini, 1999).

(Traducido por J. Gómez Aparisi).

Figura 1. Cantidad de materia activa de fitosanitarios comercializada en Italia

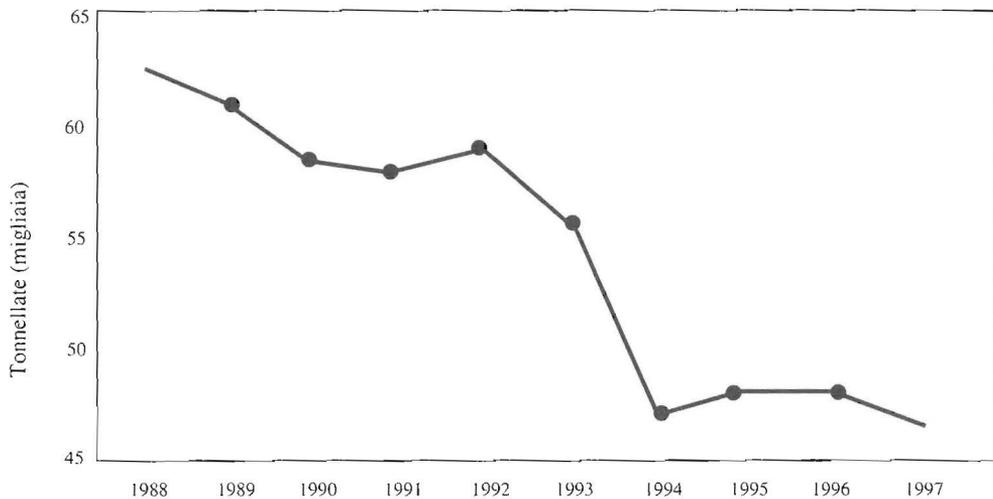
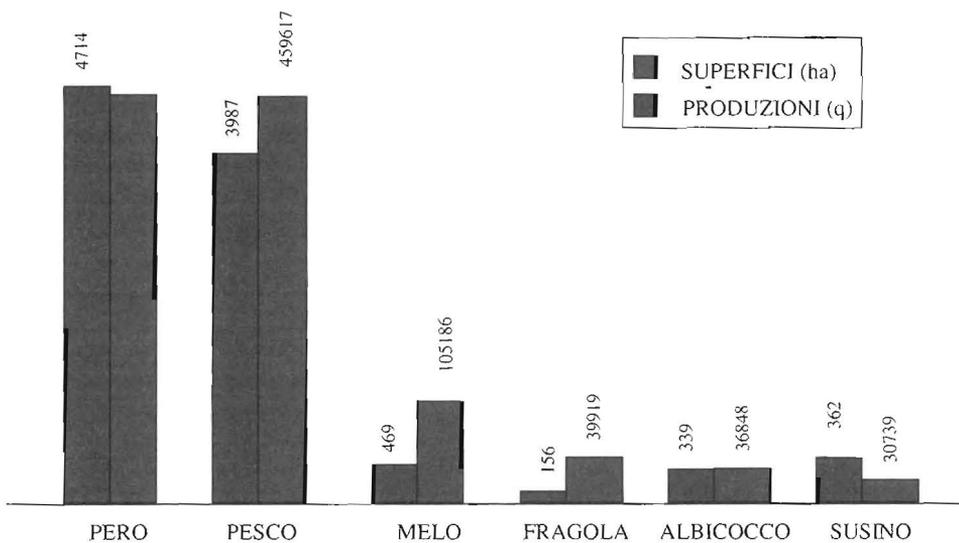


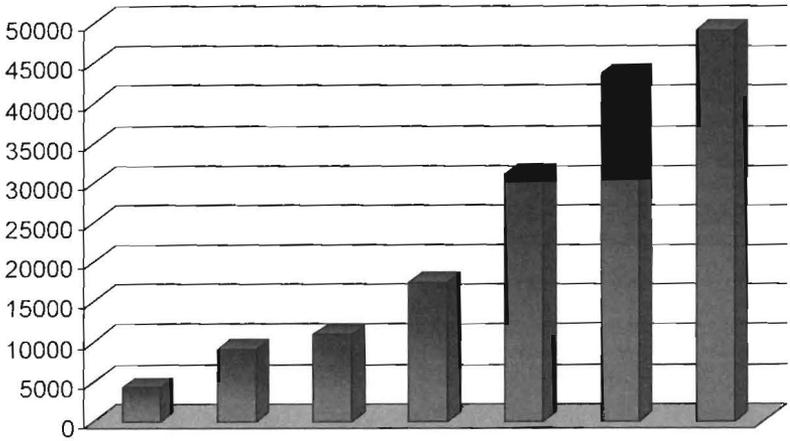
Figura 2. Superficies y producciones frutícolas con la marca Q.C. en la campaña 97-98



Este notable desarrollo de las prácticas agronómicas con bajo impacto ambiental está también ligado a las exigencias del consumidor que, sin descuidar las características estéticas del producto final, tiende a atribuir una importancia creciente a los componentes menos aparentes de la calidad (propiedades organolépticas, aspectos higiénico-sanitarios y de salud del producto) y está preparado para discriminar entre los métodos de producción (convencional, integrada, biológica). En consecuencia, todas las técnicas de cultivo adoptadas y en particular la fertilización, deben ser definidas bajo una óptica eco-compatible, según las directrices de métodos de producción consolidados (Producción Frutal Integrada) o en fuerte ascenso (Fruticultura Biológica) en los países de la Unión Europea.

También la Agricultura Biológica crece a ritmo y velocidad constante en toda Europa, pero en Italia se está asistiendo a una verdadera y adecuada expansión que ha llevado al país, en 1999, a la primera posición de Europa con una superficie de 953.000 hectáreas (Nasolini y Quadretti, 2001). En el período 1993-1999 se ha producido un notable incremento de explotaciones biológicas (Figura 3).

Figura 3. Evolución del número de explotaciones agrícolas biológicas en Italia en el período 1993-1999 (Fuente: BioBank 99).



LA GESTION DE LA PLANTACION FRUTAL

La plantación puede gestionarse, según una escala decreciente de impacto ambiental, con técnicas convencionales, integradas o biológicas.

Las técnicas de producción integradas permiten reducir el impacto ambiental de todas las prácticas agronómicas, manteniendo un nivel de producción satisfactorio y una buena calidad del producto. Para aplicar correctamente este tipo de prácticas, es, sin embargo, necesario un adecuado conocimiento científico de los procesos vegetativos y reproductivos de los

cultivos. El empleo de los medios químicos solo puede ser optimizado mediante un constante control de las fases fenológicas y un profundo conocimiento de las exigencias de la planta.

Los principales factores a tener en cuenta para la correcta gestión de una plantación con las prácticas de agricultura integrada son:

- Elección de la especie y de la variedad.
- Sistema de plantación (forma de conducción y densidad de plantación).
- Fertilización y gestión del suelo.
- Defensa fitosanitaria.
- Epoca de recolección.

Elección de la especie y de la variedad.

La elección de la especie y de la combinación variedad/patrón es fundamental para no tener ni en el clima ni en el ambiente pedológico factores limitantes para el desarrollo y la producción de las plantas.

También resulta importante la elección del material viverístico que debe ser de buena calidad (tallos erectos, enraizados y con soldadura del injerto íntegro) y provisto de certificado genético-sanitario.

Sistema de plantación

La elección del sistema de conducción debe hacerse en función de la especie y del vigor de la planta. También es importante considerar la capacidad del fruticultor de controlar la planta y por tanto todas las técnicas de poda.

Para los frutales de pepita por ejemplo, los sistemas de formación recomendados son la palmeta y el fuseto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sistemas de conducción y marcos de plantación (m) aconsejados para frutales de pepita Forma de conducción

Forma de conducción	Vigor del Arbol		
	Alto	Medio	Bajo
Palmeta	peral: 4,5x3,5-3,0	manzano: 4,0x2,5-2,0 peral: 4,5x3,5-3,0	manzano: 4,0x2,0-1,8 peral: 4,0x2,5-2,0
Fuseto	--	manzano: 4,2-4,5x2,0-1,5 peral: 4,5x2,0-1,5	manzano: 4,0x1,5-1,0

Fuente: Directrices de Producción Integrada de la Región Emilia Romagna 2002.

Fertilización y mantenimiento del suelo

El mantenimiento del suelo, el riego y la fertilización son las técnicas fundamentales para una correcta gestión de la plantación. Estas prácticas agronómicas deben estar coordinadas entre ellas y con todas las otras intervenciones culturales para respetar al máximo el ambiente y obtener un producto de elevadas características organolépticas y de salubridad. Deben además tener en cuenta las condiciones pedoclimáticas de la zona y de las características biológicas y fisiológicas del material vegetal establecido en la plantación.

Las principales *técnicas de mantenimiento de suelo* son: el laboreo, la cubierta vegetal, los acolchados y el desherbado. Si las dos primeras contemplan ya sea la fila o la calle de la plantación, las otras dos son por el contrario exclusivas de las franjas de las hileras. En la práctica casi siempre se realizan "sistemas mixtos" que permiten adoptar posteriormente diversas técnicas.

Según la normativa de producción integrada, en las hileras se permite el control de las malas hierbas con medios mecánicos (laboreo, siega) y con medios químicos (herbicidas), mientras que en las zonas de las calles solamente se permite la siega o el laboreo del terreno.

No existe un sistema de mantenimiento del suelo que sea absolutamente el mejor, el criterio de elección se basará en las características climáticas (pluviometría y temperatura), en la pedología de la zona (profundidad y textura del suelo), en consideraciones ligadas a la gestión de la plantación, y en la especie, variedad y patrón utilizado.

La fracción mineral del abono que efectivamente es absorbido por el sistema radicular, puede variar sensiblemente condicionada por múltiples factores: cantidad de abono aportado, disponibilidad del elemento mineral en el terreno, exigencias nutritivas de la planta, características químico-físicas del terreno, características químico-físicas del abono y modalidad de aplicación del mismo.

Para la correcta realización de un programa de *fertilización* es necesario conocer todos los parámetros que acabamos de señalar. El conocimiento de estos parámetros es fundamental para poder efectuar abonados con el objetivo de maximizar la eficiencia fertilizante y por tanto reducir el aporte de los elementos minerales de síntesis al suelo respetando así las normas de P.I. (Marangoni, 1995).

Una correcta técnica de fertilización permite obtener una producción mantenida, constante y de buena calidad.

También el riego tiene una gran importancia por cuanto que si se aplica con un criterio adecuado, permite obtener resultados relevantes desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo. Para establecer un correcto programa de riego es preciso disponer en la plantación de un pluviómetro para evaluar la pluviometría y poder calcular las necesidades hídricas de las plantas.

En los últimos años se está desarrollando notablemente la subirrigación que es una práctica de riego consistente en establecer el sistema de riego bajo el nivel del suelo (a una profundidad variable entre 20 y 40 cm) para el suministro de agua al cultivo.

La subirrigación garantiza una mayor eficiencia de la distribución del agua de riego ya que reduce las pérdidas debidas a la evaporación de la superficie del suelo y no conlleva fenómenos de deriva del agua de riego suministrada causada por el viento (inevitable cuando se adopta un sistema de riego por aspersión sobre la copa). Una última ventaja de la subirrigación reside en la posibilidad de utilizar aguas refluidas.

Defensa fitosanitaria.

La normativa de P.I. prevé que la protección fitosanitaria se realice utilizando, en la menor cantidad posible, los productos con el menor impacto ambiental posible. Estos productos deben ser utilizados solo si son estrictamente necesarios y a las menores dosis. Para elegir la época de intervención óptima se deben utilizar los métodos de muestreo, los modelos de previsión y evaluar el umbral económico de la intervención.

Epoca de recolección.

La época de recolección es el momento fundamental del proceso productivo porque caracteriza la calidad global y la conservabilidad del producto. La definición de la época de recolección puede efectuarse con diversas metodologías entre las que seguramente la más fácil de aplicar y con suficiente respuesta fisiológica es el uso de los índices de madurez (penetrometría, acidez y sólidos solubles).

Para poder prolongar la mejor conservación del melocotón debería recogerse con una dureza comprendida entre 5 y 8 kg (puntal del penetrómetro de 8 mm). Para la comercialización inmediata la dureza va ligada a las exigencias de la distribución y a los estándares de la calidad y por tanto no debe ser superior a tales valores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de dureza y Sólidos solubles (%) de los frutos, en la distribución (Normativa de P.I. Región Emilia Romagna)

	Dureza en la distribución ¹ (kg)	SS en la distribución (%)
Melocotones	3-4,5	≥9,5 precoces ≥11 medias y tardías
Nectarinas	3-4,5	≥9,5 precoces ≥11 medias y tardías

¹ Producto ya preparado para la distribución al detallista

EXIGENCIAS EN NUTRIENTES DE LAS PLANTAS Y TECNICAS Y TECNICAS DE APLICACION DE NUTRIENTES.

Las exigencias de los frutales dependen de factores climáticos y pedológicos. Con la evolución de las técnicas agronómicas y la aparición de material vegetal mejor adaptado a las diversas condiciones ambientales se han difundido sobre todo sistemas frutícolas intensivos que sin embargo requieren una mayor capacidad técnica para conseguir gestionar todo el proceso productivo.

A fin de optimizar la gestión de una plantación son fundamentales las técnicas de mantenimiento del suelo como el análisis de suelo, el diagnóstico foliar y la determinación de un plan de abonado para satisfacer las exigencias de las plantas.

Para conseguir una correcta gestión de la plantación resulta fundamental también la elección de la técnica de abonado; es preciso tener en cuenta la movilidad de los elementos en el suelo para evitar despilfarro de abonos y contaminación.

Análisis del suelo

Los análisis de suelo son un instrumento indispensable para establecer racionalmente los planes de abonado y otros aspectos que afectan al riego, el laboreo, la elección del patrón (Canali y Tittarelli, 2000). Los parámetros químico-físicos fundamentales son: textura, pH, contenido en caliza, salinidad, capacidad de intercambio catiónico, contenido en materia orgánica.

Esta técnica permite evaluar el contenido de los diversos elementos presentes en el suelo y por tanto permite conocer cuantitativamente los macro y microelementos disponibles para la planta. Sin embargo, frecuentemente, como en el caso del nitrógeno, no se define bien la disponibilidad efectiva del árbol porque el aparato radicular absorbe preferentemente N inorgánico; solo con el análisis de los nitratos del suelo es posible evaluar la disponibilidad efectiva de nitrógeno para el árbol.

Están adquiriendo gran importancia algunos indicadores para describir la fertilidad del suelo. Destacan la biomasa microbiana y los parámetros que definen la actividad metabólica (respiración, actividad enzimática endocelular, etc.) que reaccionan rápidamente a las intervenciones agronómicas y a todo tipo de alteraciones del sistema suelo (Canali y Tittarelli, 2000).

Diagnóstico foliar

La composición mineral de las hojas está condicionada por múltiples factores, entre los que los más importantes resultan ser: el genotipo (especie, variedad y patrón); la edad de la hoja y la carga productiva del árbol, el ambiente pedo-climático y las técnicas de cultivo aplicadas. Esta técnica se utiliza preferentemente para establecer el estrés nutricional imputable a la planta, de hecho analizando los tejidos vegetales se puede establecer los elementos presentes en concentración inadecuada o excesiva.

Mediante esta técnica es por tanto posible obtener información útil para aplicar programas de nutrición definidos en base el estado nutricional de la plantación. Esto solo es útil si se dispone de valores de referencia fiables. A título de ejemplo se presentan en el Cuadro 2 los valores de referencia de la variedad 'Fuji':

Cuadro 3a. Concentraciones foliares de referencia de los macro y los microelementos para la variedad 'Fuji' en el mes de julio.

Elementos minerales	Concentración en la hoja
Nitrógeno (%)	2.20 – 2.80
Fósforo (%)	0.15 – 0.25
Potasio (%)	1.20 – 1.60
Magnesio (%)	0.25 – 0.35
Calcio (%)	1.30 – 1.60
Boro (ppm)	25 – 40
Hierro (ppm)	75 – 115
Manganeso (ppm)	30 – 65
Cobre (ppm)	5 – 20
Zinc (ppm)	30 – 75

También es importante para un correcto diagnóstico foliar la época de muestreo foliar: en el Cuadro 3b aparecen los valores medios de los macro y microelementos (\pm desviación estandar) encontrados en 1998 en 9 plantaciones de melocotonero 'Starkredgold' (Scudellari *et al.*, 1999).

El muestreo foliar se realizó en la fase de caída de cáliz (scamiciatura) de los frutitos, en la fase sucesiva de engrosamiento de frutos (unos 40 días tras el primer muestreo) y en pleno verano, siguiendo la metodología tradicional. En el primer muestreo solo se han considerado las hojas jóvenes que se han formado utilizando preferentemente las sustancias de reserva acumuladas en los órganos perennes y debería permitir una valoración bastante precisa del estado nutricional del árbol al inicio de la estación de crecimiento. El siguiente muestreo se ha realizado correspondiendo con una fase del árbol particularmente exigente desde el punto de vista nutricional cuando se produce un intenso crecimiento de brotes y frutitos. Debería permitir detectar eventuales desequilibrios nutricionales para corregir mediante aplicaciones foliares (caso de microcarencias) o al suelo. El muestreo estival se ha realizado a mediados de julio y los valores obtenidos (Cuadro 3b) se consideran satisfactorios para la variedad considerada (Scudellari *et al.*, 1999).

Cuadro 3b Concentración foliar (% m.s.) \pm desviación estandar de los macroelementos determinados en el melocotonero 'Stark Redgold' en tres momentos del período vegetativo (Scudellari *et al.*, 1999).

- 1: caída de cáliz (scamicatura)
- 2; 40 días después de la caída de cáliz
- 3: mediados de julio

Plan de fertilización

El nitrógeno es uno de los elementos de mayor importancia para el abonado de la plantación. Su dinámica en el suelo es bastante compleja, de hecho puede estar presente en diversas formas: la componente orgánica (la más abundante) que posteriormente es mineralizada por la flora bacteriana formando el ión amonio (NH_4^+) y sucesivamente el ión nitrato (NO_3^-). El N-NO_3^- no es retenido por los coloides y es fácilmente lavado por el agua de percolación. Todo esto dificulta respecto a los otros elementos minerales la realización de la fertilización.

La dinámica del fósforo (P) y del potasio (K) en el suelo es menos compleja que la del N y esto permite más agilidad en la técnica de la fertilización, especialmente considerando que ambos elementos son retenidos por los coloides y corren por tanto menos riesgos de ser lavados. La escasa disponibilidad de P, tanto en suelo ácido como alcalino puede limitar sensiblemente la actividad vegetativa de la planta (Marschner, 1995; Nielsen *et al.*, 1990; Tagliavini *et al.*, 2000). Las exportaciones anuales de P son pequeñas y raramente superan los 20 kg/ha. Además la determinación analítica del P da una buena indicación sobre la fracción asimilable por las raíces, por lo que el análisis del suelo puede ser utilizado para establecer el abonado. Basados en estas consideraciones, en caso de un contenido normal del suelo (12-16 mg/kg de P, por el método Olsen), una fertilización fosfórica cada 3-4 años con unos 40-50 kg P/ha es suficiente para compensar las exportaciones.

El potasio es el elemento mineral de mayor contenido en el fruto (Cuadro 3) y permite obtener un buen calibre, un buen equilibrio acidez/azúcares y una intensa coloración del epicarpio. Estos importantes aspectos positivos no deben hacer olvidar que el exceso de potasio reduce mucho la conservabilidad del fruto.

El calcio (Ca) es un elemento que desempeña un papel importante al conferir consistencia a la pulpa, por cuanto contribuye a asegurar una elevada cohesión entre las células del fruto: previene además la disgregación de los frutos al inhibir a la enzima responsable de la demolición de los pectatos que es el preludeo del blandeamiento de los tejidos.

Para el suministro de potasio, fósforo y magnesio se puede aplicar la regla que prevé la restitución anual de la cantidad exportada por la producción

de fruta (Cuadro 5), corrigiéndola eventualmente en base a los contenidos del suelo (Cuadro 4) (Scudellari y Tagliavini, 2000).

Cuadro 4. Dosis máximas admitidas para la fertilización fosfórica y potásica.

Dotación del terreno	P (kg de P ₂ O ₅)	K (kg de K ₂ O)
Baja	250	300
Normal	50	150
Elevada	30	75

(Fuente: Normativa de Producción Integrada-2001 Emilia Romagna)

Cuadro 5. Cantidad de macro (kg) y de microelementos (g) absorbidos por los frutos de manzano, melocotonero, ciruelo, cerezo y albaricoquero (Tagliavini *et al.*, 2000)

Macro-elementos	Cantidad absorbida (kg/t)				
	Manzano	Melocotonero	Ciruelo	Cerezo	Albaricoque
Nitrógeno	0.50 – 0.60	0,90-1,00	0,49	2,00-2,35	0,87
Fósforo	0.07 – 0.13	0,25	0,10	0,18-0,20	0,19
Potasio	1.40	2,00	1,72	1,48-1,70	2,96
Magnesio	0.05 – 0.07	0,10	0,07	0,10-0,16	0,08
Calcio	0.07	0,05	0,04	0,11-0,16	0,14
Microelementos	Cantidad absorbida (g/t)				
Hierro	1.80	1,10	1,00	5,63-10,77	5,40
Manganeso	0.45	0,47	0,49	0,70-0,97	0,79
Zinc	0.40	1,40	1,00	1,83-2,04	2,60

La materia orgánica y el enhierbamiento

El aporte de materia orgánica o de derivados análogos (compost) con elevados contenidos de productos húmicos o similares (C/N superior a 15), además de representar una fuente directa de nutrientes, contribuye a mejorar la estructura y aumenta la solubilización y asimilación de los elementos minerales por parte del aparato radicular. En un terreno bien provisto de materia orgánica no se debe olvidar, además, la contribución nutricional aportada por la biomasa microbiana, en particular de las bacterias fijadoras de nitrógeno.

La reducción de la disponibilidad de las tradicionales fuentes de materia orgánica ha causado una drástica disminución de los aportes de materia orgánica (estiércol) en las plantaciones de la Pianura Padana con el consiguiente empeoramiento de la fertilidad física, química y biológica del suelo. Para contrarrestar esta tendencia, la Región Emilia Romagna (Plan Regional de Desarrollo Rural 2000-2006) concede un consistente soporte financiero anual (150-180 Euro/ha) a las explotaciones frutícolas que adoptan técnicas de mantenimiento de suelo tendentes a conservar y aumentar el contenido en materia orgánica. Entre las intervenciones posibles aparece el aporte al suelo (mínimo 2,5 t de materia seca por hectárea y año) de compost de calidad procedente de la recogida selectiva de residuos orgánicos urbanos, de subproductos orgánicos de la industria agroalimentaria o de otros orígenes.

La materia orgánica del suelo de la plantación puede incrementarse más aún, combinando las enmiendas con prácticas de enhierbamiento o de abonado en verde. Experimentalmente se ha evidenciado que para muchas especies frutales y ambientes de cultivo, no es aconsejable introducir el enhierbamiento, aunque sea parcial, el primer año de plantación, por el riesgo de debilitar excesivamente los árboles en fase de formación, cuyo sistema radicular está poco desarrollado y es más sensible a la competencia de la cubierta vegetal. En los 2-3 primeros años de la plantación podría ser más oportuno mantener el suelo con laboreo o enhierbamiento temporal. En líneas generales es preferible orientarse hacia mezclas constituidas por 4-5 especies con características complementarias, la mayor parte de las cuales es mejor que pertenezcan a la familia de las Gramíneas, por ser más rústicas y capaces de soportar mejor los diversos estreses que se pueden presentar. Las especies de más frecuente aplicación en la Pianura Padana son *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra* y *Festuca ovina*, con las que es posible obtener una cubierta con moderadas exigencias de manutención (Marangoni, 2000). Además, la elección de las especies que componen la mezcla debe efectuarse en función de las características pedo-climáticas no solo de las relaciones de antagonismo/alelopatía con la especie frutal y de las relaciones con la fauna del suelo.

El enhierbamiento es además un método muy eficaz para combatir la clorosis férrica al permitir aumentar la eficiencia de utilización del hierro. Entre las especies utilizadas para el enhierbamiento, mientras que las leguminosas ofrecen la posibilidad de fijar N₂ atmosférico y por tanto de reducir el abonado nitrogenado, las gramíneas presentan la ventaja de aumentar la disponibilidad de hierro soluble en el suelo mediante la emisión de fitosideróforos (estrategia

II, Marschner *et al.*, 1986). La elección de la asociación más conveniente entre frutales y especies herbáceas eficientes en la absorción de hierro, ayudará a proyectar plantaciones que no precisen aportes exógenos de hierro. Se han obtenido resultados muy alentadores en la prevención de la clorosis férrica en frutales recurriendo al enhierbamiento de las filas de los árboles con especies gramíneas (*Lolium* spp., *Festuca* spp y *Poa* spp) (Rombolá *et al.*, 1999; Tagliavini *et al.*, 2000). Se han obtenido resultados similares con guava (Kamal *et al.*, 2000).

En las áreas de cultivo caracterizadas por precipitaciones escasas o mal distribuidas a lo largo del año, se debe recurrir al enhierbamiento temporal o al abonado en verde. La duración de la cubierta de hierba para el abonado en verde se circunscribe al período en el que la competencia hídrica o nutritiva con los cultivos frutales es pequeña. La cubierta vegetal para el abonado en verde puede estar constituida por flora adventicia o, como es más frecuentemente, mediante siembra de especies puras o de mezclas. Para no causar estrés hídrico o nutritivo a la plantación, es conveniente que la presencia de la cubierta no se prolongue más allá de la primavera. La operación del abonado en verde puede afectar a la biomasa fresca, de modo que se agote la humedad que contiene para favorecer los procesos de degradación microbiana, o sea el material vegetal, segado y triturado se hace deshidratar al aire al menos 48 horas, antes de incorporarlo al terreno con un laboreo (Marangoni, 2000). Entre las especies idóneas para esta técnica se encuentran los cereales de otoño-invierno y numerosas forrajeras.

Con el abonado en verde se producen elevadas cantidades de materia orgánica (9 t/ha de peso fresco; Giovanni *et al.*, 2000) y de elementos minerales. La biomasa producida tiene un bajo rendimiento en humus, por lo que esta técnica es menos válida respecto al enhierbamiento permanente si el objetivo es elevar el contenido de materia orgánica del terreno (función enmendante).

En agricultura biológica son muy importantes las prácticas de fertilización orgánica, que, además de la función agronómica, provee una perspectiva concreta para el reciclado de productos residuales de los procesos agroindustriales, de las deyecciones zootécnicas y de todos los desechos orgánicos.

Abonado foliar

El abonado foliar es un método eficaz de abonado tanto para macro como para microelementos sobre todo cuando se manifiestan deficiencias, que requieren intervenciones cuidadosas y urgentes (Brown, 2001).

La aplicación foliar de los nutrientes en forma de soluciones aplicadas a las copas, representa un método de suministro más rápido respecto a los métodos que involucran a las raíces. La capacidad de la copa del árbol para absorber rápidamente los elementos sean macros o micros, además, permite intervenir con éxito si se verifican condiciones anormales del suelo que impiden la absorción radicular de los elementos nutritivos (por ejemplo terrenos asfixiantes, fríos, etc.) Esta técnica presenta todavía algunas desventajas

respecto al abonado del suelo: el efecto benéfico de los aportes a la copa es menos duradero.; muchas formulaciones atraviesan difícilmente la cutícula foliar.; algunos elementos minerales tienen una limitada capacidad de ser translocados fuera de la hoja, como en el caso del Ca (Marschner, 1995) del Zn (Zhang y Brown, 1999) o del Fe complejoado con DTPA.; el aporte de elemento es limitado (la concentración media no debe ser superior al 1%) para no producir quemaduras y necrosis foliares.

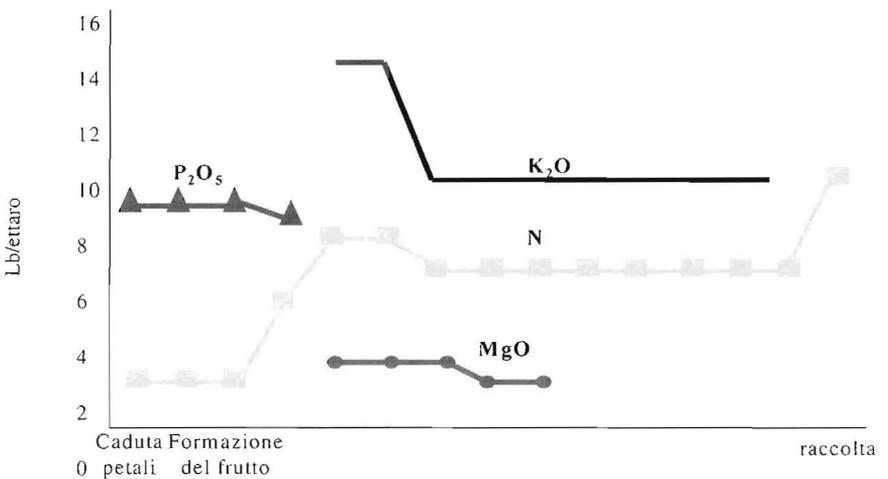
Estas contraindicaciones limitan el uso del abonado foliar en fruticultura atribuyéndole un papel complementario respecto al abonado del suelo. Esta técnica encuentra de cualquier modo mayor aplicación en la distribución de los microelementos sujetos a fenómenos de insolubilización del terreno.

Fertirrigación

Es la técnica que permite distribuir los elementos localizándolos a través del agua de riego, en una zona del terreno explorada por la mayor parte de las raíces. La localización permite un suministro más preciso en cuanto a calendario (Figura 4) y en cuanto a dosis (Cuadro 6), permite intervenir en el momento de máxima absorción por la planta con mayor precisión y eficiencia, limitando así la pérdida de nutrientes. La fertirrigación permite además limitar la contaminación debida al lavado del nitrógeno no retenido por el suelo pero que alcanza capas más profundas en el subsuelo.

En fertirrigación hay que gestionar cuidadosamente la cantidad de agua, especialmente tras dos fertirrigaciones sucesivas: hay que evitar las carencias hídricas que provocan aumentos de la salinidad de la solución de suelo y las excesivas restituciones hídricas que causan un distanciamiento de la esfera radicular de los abonos previamente distribuidos (Marangoni *et al.*, 1997)

Figura 4. Plan de ferirrigación



Cuadro 6. Plan de fertirrigación de una plantación de peral

MES	Cantidad aportada (kg/ha)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Abril	2(2)	12(2)	0	0
Mayo	10(4)	7(1)	8(1)	9(2)
Junio	15(3)	0	34(2)	7(1)
Julio	13(3)	0	29(2)	9(3)
Post-cosecha	5(1)+F	0	14(1)	0
TOTAL	45	19	88	25

Recientes experimentaciones (Rombolà *et al.*, 2000) han puesto en evidencia que el abonado en forma de la fertirrigación permite una gestión de la nutrición más racional que las técnicas de abonado tradicionales. De hecho, la constitución del esqueleto de los plantones se ha visto favorecida por los aportes de la fertirrigación, y los árboles al segundo año han tenido producciones mayores que los abonados con fertilizantes granulados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción y peso medio de los frutos de dos variedades de manzano.

Cultivar	Producción (kg/árbol)	Peso medio fruto (g)
Mondial Gala	8.4	173
Fuji	9.2	237
<i>Nivel de significación</i>	*	***
Tratamiento		
Fertilización normal	8.1 b	211
Fertirrigación	9.5 a	209
Fertirrigación (dosis reducida)	8.8 ab	203
Fertirrigación N-P-K (dosis reducida)	8.7 ab	203
Fertirrigación N-K-Mg (dosis reducida)	8.8 ab	200
<i>Nivel de significación</i>	*	ns

ns, *, *** no significativo y significativo al 5% y al 1% respectivamente.. Separación de medias mediante test SNK.

Por otra parte se ha evidenciado que el aporte continuo de pequeñas dosis de nutrientes permite mantener a nivel de la rizosfera una disponibilidad de elementos minerales adecuada a las cambiantes necesidades de los árboles, evitando bruscas variaciones de sus concentraciones.

Trabajos posteriores realizados sobre plantas adultas, han puesto en evidencia que hay un efecto de la dosis sobre la concentración foliar de nitrógeno, mientras que para el potasio hay un marcado efecto de la modalidad de suministro de los nutrientes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efectos de las dosis y de la técnica de suministro sobre la concentración foliar de nitrógeno y de potasio en los frutos de 'Gala' y 'Fuji' (Rombolà *et al.*, datos no publicados).

Cultivar	Nitrógeno (%p.s.)	foliar Potasio (%p.s.)	foliar
Mondial Gala	2.35	1.10	
Fuji	2.60	0.97	
<i>Nivel de significación</i>	***	***	
Tratamiento			
Fertilización normal	2.55 a	0.98 b	
Fertirrigación	2.58 a	1.10 a	
Fertirrigación (dosis reducida)	N-P-K 2.40 b	1.09 a	
<i>Nivel de significación</i>	***	***	

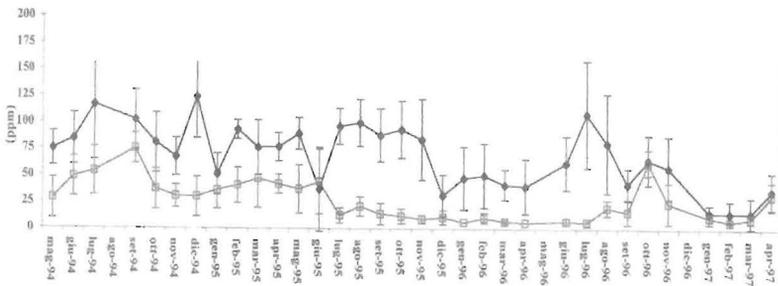
*** significativo al 1%. Separación de las medias mediante test SNK

COMPARACION ENTRE LA PRODUCCION TRADICIONAL Y LA PRODUCCION INTEGRADA

En un experimento establecido en la finca experimental de Forlì del Istituto Sperimentale per la Frutticoltura de Roma, se han comparado dos plantaciones de melocotón cultivadas con dos estrategias diferenciadas: una cultivada según las técnicas convencionales de la zona, la segunda según establecen las Directrices de Producción Integrada de la Región Emilia Romagna.

En la plantación bajo P.I. la presencia de la hierba para abonado en verde no ha interferido en el crecimiento de los árboles durante la fase de formación. En relación con la plantación convencional, con laboreos periódicos del suelo, la plantación integrada parece haberse beneficiado del abonado en verde en términos de crecimiento vegetativo de las plantas. También el enhierbamiento permanente, instalado en la plantación integrada el tercer año de plantación, no ha constituido nunca un problema de competencia hídrica o nutricional para los árboles, sea porque se ha limitado a las calles o bien porque la cubierta herbácea se ha establecido cuando ya los árboles habían alcanzado suficiente desarrollo radicular para poder explorar zonas no ocupadas por la cubierta herbácea. La presencia de una cubierta herbácea en las calles de la plantación integrada ha influido significativamente en las concentraciones y las variaciones estacionales del contenido de nitratos de los horizontes del suelo tomados en consideración. En la plantación convencional las concentraciones de nitratos han mostrado fuertes oscilaciones durante el período vegetativo: se han encontrado valores muy altos en primavera-verano (efecto del abonado y de la mineralización de la materia orgánica estimulada por el laboreo) a bajos valores en invierno, ligados al lavado con el inicio de las lluvias. Por contra, la plantación integrada, la presencia de la cubierta herbácea ha mantenido bajas y constantes las concentraciones de nitratos del suelo, limitando en verano los excesos de actividad vegetativa de los árboles y, en invierno, fenómenos de lavado del nitrógeno nítrico (Figura 5).

Figura 5 Evolución de la concentración de nitrato en las dos plantaciones comparadas.



Respecto a la productividad de los árboles y el tamaño de los frutos, la P.I. no se ha diferenciado sustancialmente de la convencional (Figura 6). Entre los aspectos cualitativos de los frutos obtenidos en la plantación integrada se ha encontrado una tendencia al incremento de sólidos solubles (Figura 7) y de la acidez valorable (Figura 8), adelanto de la maduración y mejora de la epidermis. Esto indica la influencia y mejora de muchos aspectos cualitativos del fruto por las técnicas del abonado y el mantenimiento del suelo.

Figura 6. Producciones (t/ha) encontrados en las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997.

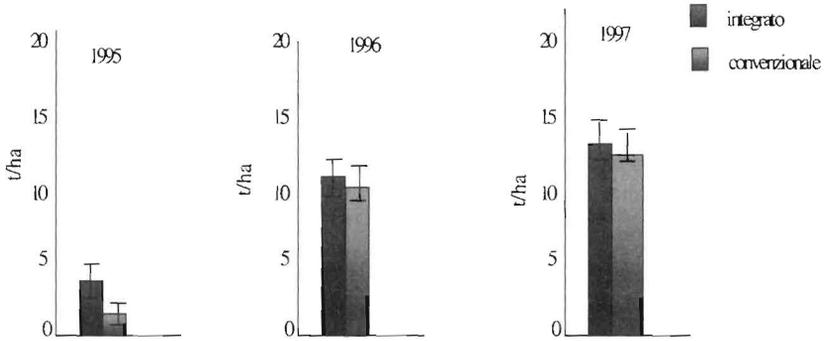


Figura 7. Sólidos solubles de los frutos de las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997

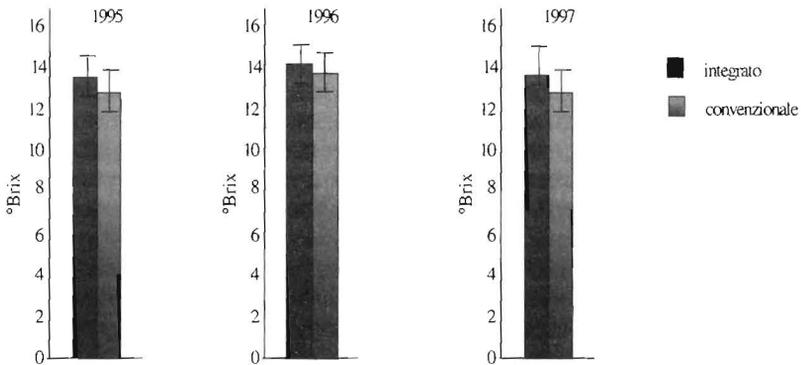
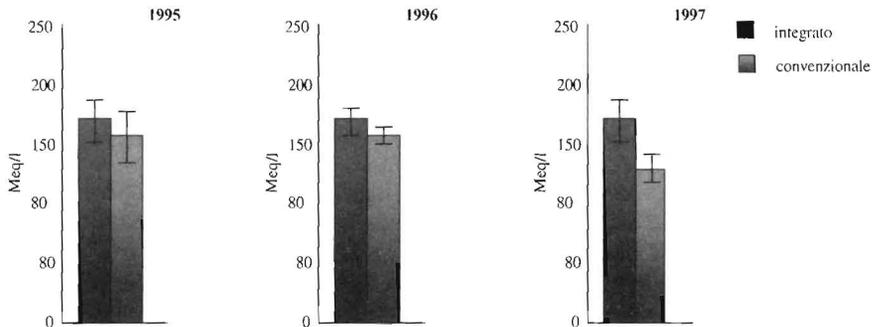


Figura 8. Acidez valorable de los frutos de las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997



CONSIDERACIONES FINALES

En la fruticultura de los países europeos las soluciones agronómicas tendentes a aumentar los rendimientos están dejando paso progresivamente a soluciones menos intensivas y más cautelosas, apuntando a la conservación ambiental. La incorporación en el proceso productivo de los conocimientos científicos en la fisiología de la nutrición ha permitido calibrar el aporte de nutrientes en función de su disponibilidad en el suelo y de las exigencias nutritivas de los árboles reduciendo el riesgo de dispersión de los fertilizantes en la capa freática y en el ambiente.

La influencia de algunas técnicas de cultivo (abonado, riego, mantenimiento de suelo) sobre el equilibrio vegeto-productivo del árbol y sobre el metabolismo de los elementos en el fruto, es análogo en condiciones ambientes diferentes. Por ejemplo, los excesos de nitrógeno, frecuentes en el cultivo del melocotonero, aumentan la sensibilidad de los frutos a los ataques de diversos patógenos como la monilia.

El interés creciente manifestado recientemente por los consumidores y los operadores del sector hacia los productos de alta calidad y obtenidos además con sistemas compatibles con los recursos ambientales, ha empujado a las políticas agrícolas regionales, nacionales y comunitarias a incentivar la investigación en el campo de la agricultura sostenible. En los últimos años se han definido los rendimientos operativos y las Normativas de Producción Integrada y Biológica llamados a constituir una guía útil para la aplicación práctica de los principios de la Producción Agrícola Integrada y Biológica.

También el sector de la investigación asume un papel crucial en la realización de investigaciones científicas y pruebas experimentales dirigidas a definir estrategias de cultivo eco-compatible, alternativas a las técnicas convencionales actuales.

BIBLIOGRAFÍA

Brown P. H. (2001) Foliar fertilization to overcome transient nutrient deficiency: the boron story; 47

Canali S., Tittarelli F., 2000. Conoscere il terreno. Il Divulgatore, 3: 6-14

Disciplinari di Agricoltura Integrata, 2002-Regione Emilia Romagna

Donati G., 1997 valutazione agronomica delle tecniche di produzione integrata e convenzionale del pesco-tesi di laurea.

Giovannini D., Neri D., Scudellari D., Aldini A., Marangoni B., 2000. Il sovescio ed il prato nel pescheto biologico: effetto ammendante ed aspetti allelopatici. Atti del XXIV Convegno peschicolo, Cesena 24-25 febbraio (in stampa).

Kamal, K., Hagagg, L., Awad, F., 2000. Improved Fe and Zn acquisition by guava seedlings grown in calcareous soils intercropped with graminaceous species. *J. Plant Nutr.* 23 (11&12): 2071-2080.

Marangoni B., 2000. Esigenze nutrizionali delle piante da frutto in clima temperato. Atti del "III Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado", Parque da Maçã, Fraiburgo, Santa Catarina, Brasile, 25-27 Luglio 2000, pp. 50-59

Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., 1995. La gestione del suolo, l'irrigazione e la fertilizzazione del pesco. Atti del Convegno "La peschicoltura veronese alle soglie del 2000" Verona, 25 febbraio 1995, pp. 273-294.

Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., Ferraro R. (1997) Aspetti tecnici della nutrizione minerale e dell'irrigazione nella moderna melicoltura. Atti del Convegno "Melicoltura di pianura: quale futuro". Camera di commercio di Verona; 173-194

Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londra.

Marschner H., Roemheld V., Kissel M., 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J. Plant Nutr.* 9: 695-713

Mazzanti F., 2002. Acquisizione di nutrienti da fertilizzanti organici e minerali e stato nutrizionale del melo-tesi di dottorato.

Nasolini T., Quadretti T., 2001. Italia, un frutteto biologico. *Frutticoltura* 1:13-19

Neilsen G. H., Hogue E.J., Yorston J., 1990. Response of fruit trees to phosphorus fertilization. *Acta Horticulturae*, 274: 347-359.

Rombolà A.D., Quartieri M., Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., Abadia J., 1999. Strategie di cura della clorosi ferrica nella frutticoltura integrata. *Frutticoltura* 5: 59-64

Rombolà D. A., Zavalloni C., Scudellari D., Ceccaroli A., Mazzanti F., Marangoni B., Tagliavini M., 2000. *Frutticoltura* 6: 67-74

Sansavini S., 1999. produzione integrata e biologica: cammino in parallelo, ma irto di ostacoli. *Frutticoltura* 5: 10-18

Scudellari D. (1996) La fertilizzazione. Supplemento al n° 34 di "terra e vita"; 39-43

Scudellari D., Tagliavini M., 1998. Speciale fertirrigazione, principi teorici ed applicativi per l'impiego nel frutteto. Supplemento a Terra e Vita, 13: 4-7.

Scudellari D., Toselli M., Marangoni B., Tagliavini M., 1999. La diagnostica fogliare nelle piante arboree a foglia caduca. *Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo*, 48 (4):829-842.

Tagliavini M., Quartieri M., Rombolà A.D., Zavalloni C., Malaguti D., Marangoni B., Scudellari D., 2000. Ripartizione degli elementi minerali nei frutti degli alberi decidui. *Frutticoltura* 1:83-87.

Tagliavini, M., Abadía, J., Rombolà, A.D., Tsipouridis, C., Marangoni B., 2000. Agronomic means for the control of iron deficiency chlorosis in deciduous fruit trees, *J. Plant Nutr.* 23 (11&12), 2007-2022.

Zhang Q., Brown P.H., 1999. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 124(4): 433-436.

PRODUCCIÓN DE MANZANAS: CALCIO vs CALIDAD.

*Val, J., Aznar, Y., Cortés, E., Gracia, M.A., Mata, A.P., Medjoub, R. Monge, E. y Blanco, A.

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

*Autor al que debe dirigirse la correspondencia
e-mail: jval@eead.csic.es

RESUMEN

Las concentraciones altas de calcio en frutos y verduras aumentan su longevidad postcosecha, ralentizando la senescencia y previniendo ciertas alteraciones relacionadas con la deficiencia de este elemento. En el caso de la producción de manzanas, las alteraciones en el metabolismo del calcio inducen la aparición del bitter-pit, fisiopatología que provoca gravísimas pérdidas económicas a escala mundial.

En el marco de una agricultura sostenible, nuestro Grupo intenta mejorar la calidad de fruto a través del estudio de las alteraciones de las plantas relacionadas con el calcio. En este trabajo, se muestra un resumen de la actividad investigadora del Grupo en esta línea de estudio. Asimismo, se exponen alguno de los últimos resultados de mayor trascendencia agronómica.

Palabras clave: aportes de calcio, bitter pit, nutrición vegetal, calidad de fruto.

ABSTRACT

APPLE PRODUCTION: CALCIUM vs QUALITY

High calcium concentrations in fruits and vegetables increase their postharvest longevity, by slowing down senescence and preventing several calcium-related disorders. In apple production, alterations in calcium metabolism induce bitter-pit, which is a physiological pathology that causes dramatic economical losses worldwide.

Our Group, in the framework of a sustainable agriculture, attempts to improve fruit quality throughout the study of calcium-related metabolic alterations of plants.

This work shows a summary of the research activity of the Group in this topic. Furthermore, some of the latest results of agronomical importance are shown.

Keywords: bitter pit, calcium applications, fruit quality, plant nutrition.

Introducción

En Europa se produce gran cantidad de fruta. Cultivos como la cereza, kiwi, fresa, pera y manzana no solo tienen gran influencia en el balance económico de los estados de la Unión Europea, sino que contribuyen a mejorar la nutrición y el bienestar de sus pobladores. El consumo de fruta fresca mejora el color y variedad de la dieta del consumidor (WILLS et al. 1998), además de aportar nutrientes tan importantes como el calcio, elemento imprescindible para que se formen y mantengan, entre otras, las estructuras ósea y dental.

Debido a su gran adaptabilidad, el manzano, junto a otros frutales caducifolios muy productivos, ha sido cultivado desde tiempos muy remotos. Según la FAO (2000), en la Unión Europea se cultivan el 15% del total de manzanas del

mundo (9.571.000 tm) y, tras Francia e Italia, España es el tercer productor con 84.900 tm y 60.744 ha dedicadas a este cultivo.

Las exigencias del mercado por productos de alta calidad a precios competitivos han ido creciendo en los últimos años. Esto ha obligado al fruticultor a replantear sus objetivos, para permitir la producción de fruta de alta calidad a costo moderado, asumiendo incluso el descenso de producción en términos absolutos. De hecho, cuando se aplican técnicas culturales para obtener máxima producción o grandes tamaños, la calidad del fruto es, por lo general, baja.

En las especies frutales, la calidad del fruto se evalúa en términos de tamaño, color, forma y sabor, falta de daños provocados por agentes patógenos u otros estreses abióticos (ROEN et al, 1996). El calcio es el elemento clave en relación con la calidad del fruto. De hecho, MARSCHNER (1995) describe que bajas concentraciones de calcio en fruto aceleran los procesos de senescencia, y que cualquier aumento de esta concentración de calcio, por pequeña que sea, ayuda a prevenir o a disminuir drásticamente las pérdidas económicas que ocasionan las enfermedades asociadas con el almacenamiento, como la podredumbre causada por *Gloesporium*. Ejemplos de deterioro cualitativo del fruto causado por alteraciones relacionadas con el calcio son el bitter pit de las manzanas y la podredumbre apical del tomate (VAL y BLANCO, 2000 y SANZ et al., 2001). En este mismo sentido, FALLAHI et al. (1997) afirma que concentraciones altas de calcio en frutos y verduras aumentan su longevidad postcosecha, ralentizando la senescencia y suprimiendo la descomposición que producen determinados microorganismos patógenos.

El bitter-pit y otras fisiopatías de similar etiología constituyen el mayor problema en la producción, respecto a la calidad del fruto, que sufren los productores y exportadores de manzanas de España y otros países. Los síntomas del bitter pit aparecen, principalmente en postcosecha, como áreas pardas en la superficie del fruto, que deprecian el valor del producto, haciendo que sea imposible su comercialización para su consumo en fresco. La investigación realizada durante los últimos 50 años ha demostrado que la incidencia de esta alteración está inversamente relacionada con la concentración de calcio en fruto y es directamente proporcional a las concentraciones de magnesio, potasio, fósforo y nitrógeno (FALLAHI et al., 1997). La incidencia de esta enfermedad alcanza su cenit durante el almacenamiento, por lo que se desperdician las inversiones realizadas durante la etapa de cultivo, recolección, transporte y almacenamiento. Hasta el momento, se han realizado numerosos estudios científicos orientados a determinar las causas de su aparición, pero tras más de cien años de investigación aún siguen sin conocerse los mecanismos metabólicos implicados.

A mediados de los 90, nuestro Grupo inició, una línea de trabajo orientada al estudio y diagnóstico de las alteraciones metabólicas de las plantas relacionadas con el calcio. En nuestra opinión, el conocimiento de los procesos metabólicos implicados en el desarrollo de las fisiopatías dependientes de calcio, permitirá aportar soluciones que impidan o mitiguen al mínimo las pérdidas de producción debidas a deterioros cualitativos de los frutos. Esta investigación persigue la obtención de producciones de calidad, rentables y eficientes haciendo hincapié en la gestión agrícola integrada, la conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos.

Resumen de Resultados

En el cuadro 1, se exponen sucintamente alguno de los trabajos realizados recientemente por el Grupo de Investigación en el intento de profundizar en el conocimiento de las causas que desencadenan el bitter pit. Así, se han descrito detalladamente las evoluciones de nutrientes en hoja y fruto (VAL et al., 1998; VAL et al., 2000), en una plantación afectada históricamente por bitter-pit. Se ha demostrado la existencia de gradientes de concentración de aniones y cationes en el volumen del fruto y cómo esta distribución se modifica drásticamente en manzanas afectadas por la fisiopatía (AZNAR et al., 2001b). Asimismo, se han aportado pruebas de que las manchas de bitter-pit contienen, no sólo una gran concentración de Ca^{2+} (VAL et al., 1999), sino que acumulan gran cantidad de Mg^{2+} . De hecho, el magnesio total encontrado en las lesiones es 10 mayor que el del tejido circundante y que el de la manzana sana (AZNAR et al., 2001a). En nuestro laboratorio se ha conseguido la inducción de manchas similares a las de bitter pit infiltrando sales de magnesio en el fruto, además, tras el análisis de las manchas provocadas artificialmente se ha demostrado que la composición de estas zonas es muy similar a la de las que aparecen de forma natural (resultados no publicados). Este método de infiltración mencionado puede utilizarse para el diagnóstico precoz del bitter pit.

También se ha trabajado en el desarrollo de otros métodos de prognosis, incluyendo el uso del análisis floral para predecir las alteraciones del fruto. Hay que mencionar los estudios de diferenciación varietal, y composición de la flor según su posición en el corimbo (reina, no-reina); variación interanual de las flores, y la flor como primordio de hojas y frutos. En estos estudios se demostró que, en general, la flor reina contiene mayor concentración de nutrientes que el resto del corimbo; y lo que es más importante, se han obtenido datos que permiten insertar los contenidos nutricionales de la flor como el primer punto en la evolución del fruto. Esto hace pensar que el uso del análisis de flor para determinar el estatus nutricional de las manzanas y la posible incidencia de fisiopatologías nutricionales es una realidad cada vez más próxima (resultados no publicados).

En el cuadro 2, se resumen las aproximaciones experimentales que hemos utilizado para estudiar la forma de aumentar la concentración de calcio los tejidos vegetales y, en particular, en el fruto.

Los tratamientos realizados en campo sobre manzanos afectados históricamente por bitter pit, han demostrado la baja efectividad de los tratamientos foliares con calcio, bien en forma de cloruro o como nuevos compuestos de Ca^{2+} como el Calcimax© (MATA et al., 2000; MATA et al., 2001). Sin embargo, al aplicar al suelo hidrolizados de proteínas con alto contenido en calcio en la forma comercial Rootip-Ca©, se consiguen reducciones significativas del porcentaje de afección por bitter-pit (Figura 1).

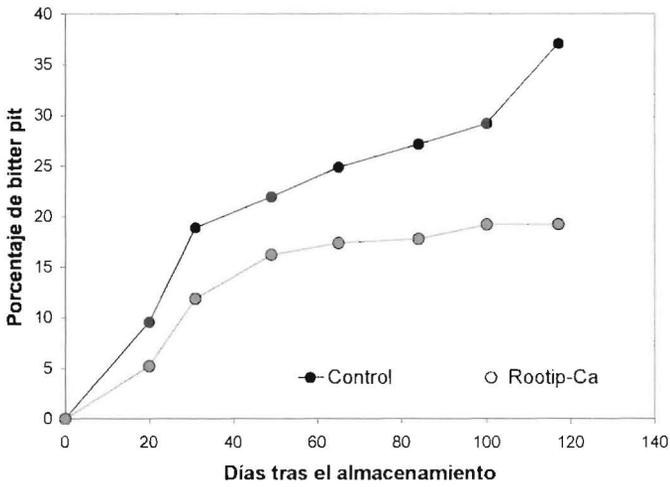


Figura 1. Efecto del tratamiento al suelo con Rootip-Ca en la calidad de manzanas Golden almacenadas a 4°C.

Figure 1. Effects of soil treatment with Rootip-Ca on the quality of apples cv Golden stored at 4°C

Por otra parte, la aplicación racional de nuevos reguladores de crecimiento como el Prohexadione-Ca® (Medjdoub et al., 2001), ofrece una interesante expectativa para mejorar la calidad de las manzanas (Figura 2).

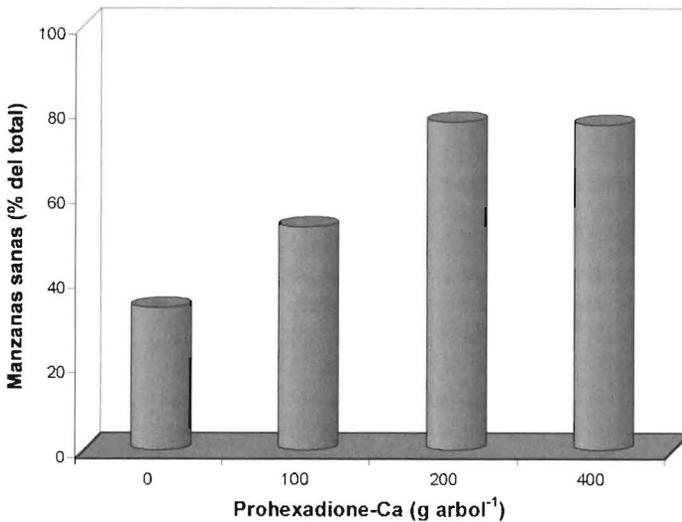


Figura 2. Incidencia de distintos tratamientos con Prohexadione-Ca en el porcentaje de manzanas no afectadas por bitter pit tras 30 días de almacenamiento en cámara fría.

Figure 2. Incidence of Prohexadione-Ca treatments on the percentage of apples unaffected by bitter pit after 30 days of cold storage

El oscurecimiento de las manchas por bitter-pit y del resto de tejidos del fruto hacia el color pardo es el resultado de la actividad de las enzimas peroxidasa y polifenoloxidasas. Esta última es una Cu-oxidasa bifuncional con actividad catecolasa y cresolasa, que convierte los fenoles, en presencia de oxígeno a orto-quinonas que se polimerizan por reacciones no enzimáticas oxidándose para formar pigmentos melaninosos de color marrón oscuro (TREJO-GONZÁLEZ y SOTO-VALDÉZ, 1991). En 1992, RODRÍGUEZ y RUIZ, pusieron a punto una serie de técnicas rápidas para detectar magulladuras en peras y manzanas, que permiten la observación macroscópica del daño antes de que sea visible por el proceso natural. Recientemente se ha desarrollado en nuestro laboratorio un método de tinción de secciones de fruto que revela visualmente la actividad de esta enzima (Figura 3). En esta figura puede observarse cómo las zonas de bitter pit se colorean más fuertemente que el resto de tejidos indicando la mayor velocidad de oxidación de compuestos fenólicos en las áreas afectadas.

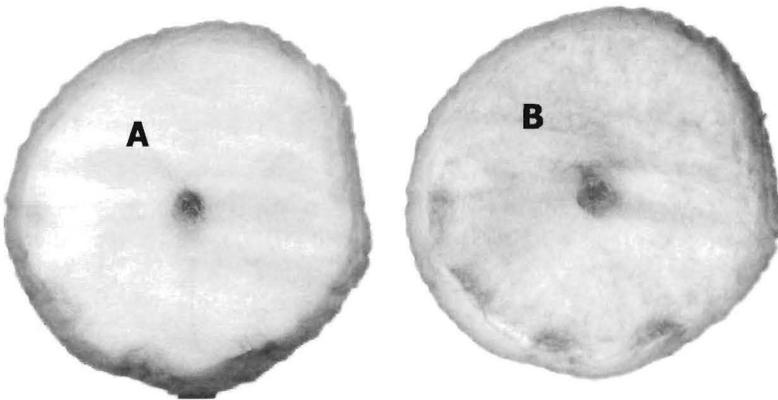


Figura 3. Tinción selectiva de Polifenoloxidasas (PPO) en superficies de fruto. (A) sección de fruto afectado por bitter pit, (B) el mismo corte teñido específicamente para PPO

Figure 3. Selective staining of polyphenoloxydase (PPO) on apple surfaces. (A) fruit section affected by bitter pit, (B) same surface after PPO specific staining.

Además de los resultados comentados en el texto, en los cuadros 1 y 2, se exponen esquemáticamente los correspondientes a otras determinaciones metabólicas y aproximaciones experimentales ya realizadas o que están actualmente en curso. La brevedad de esta aportación y el espíritu que ha impulsado su elaboración ha sido dar a conocer, siquiera sucintamente, parte de los trabajos de nuestro grupo que, además de dedicarse a la investigación, persigue la mejora del Desarrollo Agrario.

Cuadro 1. Resumen de los estudios llevados a cabo por el Grupo en relación con la calidad de la manzana.

Table 1. Summary of the research carried out by the group with regard to apple quality

Tipo de Estudio	Objetivo	Resultados
Nutricional		
Flor	Diagnóstico precoz	Origen de nutrientes en hojas y frutos
Hoja	Estatus nutricional	Utilidad de la relación foliar K/Ca
Fruto	Prognosis	Relación K/Ca menos útil
<i>Distribución dentro del fruto</i>		Existencia de gradientes 3D de aniones y cationes
Infiltraciones		
Sales de Mg ²⁺		Inducción de manchas b-p
Promotor de etileno	Prognosis de b-p	Inducción de manchas distintas b-p
Morfología del bitter pit		
Semillas	Fuente de auxinas	+ semillas ↓ b-p
Distribución de manchas	disposición espacial	+ zona calicina y acumulación en l zona longitudinal
Tinciones selectivas		
Calcio	Obtener información rápida y visual de las secciones del fruto	Acúmulo de Ca en zonas b-p
Catecoloxidasa		Mayor oxidación de fenoles en zonas b-p
Caracterización de tejidos		
Cationes	Búsqueda de diferencias	Acumulación de Ca y Mg en zona b-p
Aniones		Acumulación de fosfato y citrato
		Formaciones globulares intercelulares
<i>Histología</i>		No hay diferencias en frutos afectados
<i>Actividades enzimáticas</i>		Búsqueda de diferencias
Polifenoloxidasa		Mayor actividad en zonas b-p
<i>Patrón de proteínas</i>		Identificación de polipéptidos estructurales y funcionales
<i>Patrón de isoenzimas</i>		Estudios iniciales
Catecoloxidasa		
Peroxidasa	Búsqueda de diferencias	
Superóxidodismutasa		

Cuadro 2. Resumen de estrategias experimentales utilizadas para aumentar el suministro de Ca²⁺ y mejorar la calidad del fruto

Estrategia experimental	Objetivo	Resultados
Aportes de Calcio		
<i>Al suelo</i>		
Rootip-Ca	Aumento de Ca ²⁺ en el fruto	Disminuye el % de b-p
<i>Aspersión foliar</i>		
CaCl ₂		Baja o nula efectividad
Calcimax		
Carga de cosecha	Competencia por nutrientes	Necesita más estudios
Reguladores de crecimiento		
Prohexadione-Ca	Relación entre órganos	Mejora la conservación
Fertilización		
Gradiente N / K	Relación con el bitter pit	En curso
Aspersión foliar de Mg ²⁺		
Polinización forzada		
Aplicación de IAA	Mecanismos de transporte de Ca ²⁺	En curso
Antitranspirantes		
Restricción de calcio en Tomate hidropónico	Deficiencia de calcio	Inhibición del crecimiento. Cambios en todos los procesos fisiológicos

Bibliografía

1. AZNAR, Y., CORTÉS, E., BLANCO, A. y VAL, J. (2001). Composición aniónica y catiónica de las manchas de bitter pit en manzanas de tipo golden. In Actas del IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, Vol. (en prensa).
2. AZNAR, Y., CORTÉS, E., BLANCO, A. y VAL, J. (2001). Gradientes nutricionales en manzanas afectadas por bitter pit. In Actas del IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, Vol. (en prensa).
3. FALLAHI, E., CONWAY, W.S., HICKEY, K.D. y SAMS, C.E. (1997) The Role Of Calcium and Nitrogen In Postharvest Quality and Disease Resistance Of Apples. Hortscience, 32, 831-835.
4. MARSCHNER, H. (1995) Mineral nutrition fo higher plants, 2º edn. Academic Press, San Diego.
5. MATA, A.P., AZNAR, Y., BLANCO, A. y VAL, J. (2000) Evaluación Preliminar del Calcimax en Manzano para la Prevención del Bitter Pit. Nutrición mineral en una agricultura mediterránea sostenible, vol. 1: 435-441.
6. MATA, A.P., CHARLEZ, J.M., VAL, J. y BLANCO, A. (2001) Evaluación del Calcimax como corrector del bitter pit en manzanos de tipo golden. Actas del IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas, (en prensa).

7. RODRIGUEZ, L. y RUIZ, M. (1992) Técnicas colorimétricas rápidas y sencillas para la detección de magulladuras en frutos de pera y manzana. *Investigación Agraria: Prod. Prot. veg.*, 7, 81-89.
8. ROEN, D., HANSEN, S., MAGE, F. y REDALEN, G. (1996) Quality evaluation of apple cultivars. *NJAS*, 10, 281-288.
9. SANZ, M.A., BLANCO, A., MONGE, E. y VAL, J. (2001) Caracterización de la deficiencia de calcio en plantas de tomate utilizando parámetros fisiológicos. *ITEA*, 97V, 26-38.
10. TREJO-GONZÁLEZ, A. y SOTO-VALDÉZ, H. (1991) Partial characterization of polyphenoloxylase extracted from 'Anna' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116, 672-675.
11. VAL, J., AZNAR, Y., GIL, A., MONGE, E. y BLANCO, A. (1998) Evolución de nutrientes en una plantación de manzano afectada por "bitter-pit". *Actas del VII Simposio Nacional-III Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas*, 33-39.
12. VAL, J., AZNAR, Y., MONGE, E. y BLANCO, A. (1999) Un nuevo método de detección del bitter pit. *Actas de Horticultura*, 27, 188-192.
13. VAL, J. y BLANCO, A. (2000) Nutrición cálcica y bitter pit. *ITEA*, Extra 21, 223-239.
14. VAL, J., GIL, A., AZNAR, Y., MONGE, E. y BLANCO, A. (2000) Nutritional study of an apple orchard as endemically affected by bitter-pit. *Acta Horticulturae*, 502, 493-502.
15. WILLS, R., MCGLASSON, B., GRAHAM, D. y JOYCE, D. (1998) *Postharvest - An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals* CAB International, Wallingford (Reino Unido).

LA PRODUCCIÓN INTEGRADA DE FRUTA EN ARAGÓN

Maria Jose Rubio Cabetas¹ Pedro Luis Perez Marco²

¹ Unidad de Fruticultura S.I.A. (D.G.A)
Apto 727, 50080 ZARAGOZA

² Jefe del Servicio de Formación y Extensión Agraria
Gobierno de Aragón Paseo Maria Agustín nº 36
50071 ZARAGOZA

RESUMEN

Breve visión de la situación actual de la producción integrada de fruta en Aragón y sus perspectivas en base al nuevo reglamento. Se analizan las líneas seguidas hasta ahora en la protección integrada o control integrado de plagas, pilar fundamental de la producción integrada y se examinan las bases en las que se puede apoyar las futuras líneas de investigación en Protección Integrada sin olvidar las líneas de actuación en la ecología y agronomía de la producción frutal.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de dar respuestas a las exigencias de los consumidores en cuanto a la sanidad en la fruta consumida, lo que implica un menor contenido en residuos, además de un aspecto atractivo y el grado de madurez adecuado, hace que la demanda de la Producción de Fruta Integrada vaya en aumento.

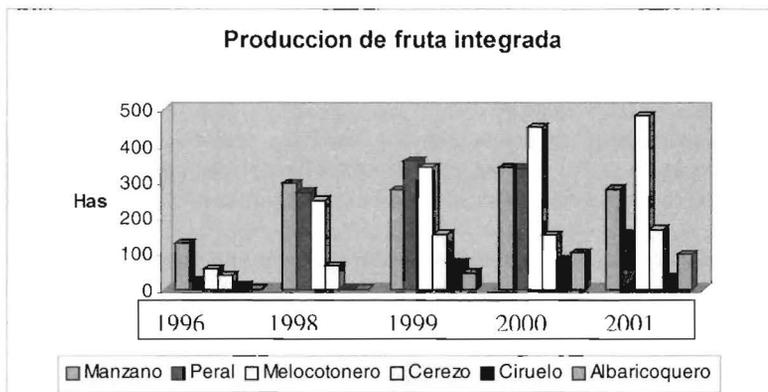
Aunque en Aragón todavía no se puede hablar de Producción Integrada en si, desde 1998 ya existe un reglamento que hace referencia a la aplicación de Lucha Integrada para la protección de los frutales y su cosecha. Dicho Reglamento fue aprobado por Orden del 13 de Agosto de 1997 del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón (BOA, Nº102 del 3 de Septiembre de 1997. La denominación adoptada fue "Fruta Protegida con Tratamientos Integrados" y está amparada por la marca "Calidad Alimentaria" cuya regulación está establecida por el Decreto 151/1998 de la Diputación General de Aragón de 28 de Julio (BOA Nº 93 de 7 de Agosto de 1997).

Dicho Reglamento Técnico de utilización de la marca "Calidad Alimentaria" en la "Fruta Protegida con Tratamientos Integrados" establece que la producción de esta fruta debe realizarse en el seno de una ATRIA, efectuando controles periódicos de los niveles de población en cada una de las parcelas, aplicando preferentemente métodos de lucha biotécnica y técnicas culturales y recurriendo al uso de pesticidas de síntesis sólo cuando se superen los niveles de tolerancia de cada fitoparásito. A tal fin, se establece la lista de productos fitosanitarios permitidos y de sus restricciones de uso.

El Reglamento obliga a las empresas a llevar un autocontrol, cumplimentando el correspondiente Cuaderno de Campo para cada parcela y el correspondiente Cuaderno de Conservación para cada instalación de almacenamiento y confección, cuadernos que han de ser aprobados por el Departamento de Agricultura. Además de los controles internos, las empresas autorizadas han de contratar con una entidad independiente la realización de controles externos de forma periódica y de acuerdo con un programa aprobado previamente por el Departamento de Agricultura.

Aunque el reglamento fue aprobado en 1997, desde 1996 ya se establecieron controles en el seno de algunas atrias para empezar a comercializar la fruta en la campaña de 1998 (Grafico 1).

Grafico 1.



Analizando el proceso evolutivo de los sistemas de explotación agraria que produce alimentos y otros productos de alta calidad, mediante el uso de recursos naturales y de mecanismos reguladores para reemplazar los insumos contaminantes y asegurar una producción agraria sostenible, nos encontramos con la siguiente evolución (Franco, 1995):

- *Controles culturales*, basada en la utilización de determinadas prácticas mecánicas, principalmente físicas (recogida de insectos, descortezado, encalado de troncos, etc.).
- *Controles químicos irracionales* utilización indiscriminada de productos fitosanitarios, la mayoría de las veces de acción polivalente y con un calendario preestablecido de tratamientos periódicos.
- *Controles químicos racionales* llamada lucha dirigida que se fundamenta en tres conceptos importantes: el establecimiento de niveles de tolerancia de plagas, la selección de productos fitosanitarios y la protección de la fauna auxiliar. Esta Lucha Dirigida pretende eliminar aquellos productos fitosanitarios más agresivos al ecosistema y a la salud humana, al mismo tiempo, en esta etapa se inician estudios sobre los métodos biológicos y biotecnológicos contra las plagas más importantes de los cultivos.
- *Control Integrado o Protección Integrada*, aprovechando el concepto Lucha Dirigida se logra optimizar todos aquellos medios de control que minimizan el uso de producto fitosanitarios y en cambio optimiza los medios físicos, biológicos y biotecnológicos a fin de mejorar las exigencias ecológicas y lexicológicas.

Lo que diferencia un buen programa de lucha dirigida de un programa de control integrado es la aplicación a nivel comercial de alguno de los métodos empleados en el control integrado de plagas (Tora *et al.* 1995), control biológico y microbiológico, métodos autocidas, empleo de feromona, resistencia vegetal y métodos culturales.

En Aragón se está trabajando en la elaboración de un Reglamento que regule la producción integrada y que se articula en torno a tres tipos de prácticas obligatorias, prohibidas y recomendadas.

Una vez aprobado dicho reglamento deberá ser conveniente que hubiese un reconocimiento por parte de la OILB (Organización Internacional para la Lucha Biológica e Integrada contra los Animales y Plantas nocivas). Esta organización científica de ámbito mundial tiene entre sus objetivos el desarrollo y puesta a punto de sistemas de protección de cultivos compatibles con el medio ambiente y de Sistemas de Producción Integrada (PI). Dicha organización está organizada por regiones geográficas que gozan de amplia autonomía, perteneciendo España a la sección regional Oeste-Paleártica SROP.

Líneas en la Protección Integrada

La lucha dirigida sigue siendo el pilar más importante donde se apoya la producción integrada tanto desde el punto de vista técnico como operativo y donde se han destinado mas esfuerzos en materia de investigación.

Esta ha estado basada fundamentalmente desde su establecimiento hace 15 años en la genética de poblaciones de los agentes de control, selección natural y como estos procesos podían alterar la variación genética en aspectos que podían influir en los agentes de control en el campo.

En esta ultima década con los nuevos avances en biología molecular y el desarrollo de las técnicas biotecnológicas, se ha abierto un campo extraordinario en investigación básica y aplicada, que han abierto nuevas perspectivas en el enfoque de la lucha dirigida o control biológico aplicado. Entre ellas podríamos citar el uso de la biología molecular para encontrar el origen de la plaga, el lanzamiento de agentes trasgénicos o no trasgénicos en la lucha de las plagas e incluso la compatibilidad de los cultivos trasgénicos y los enemigos naturales en el control biológico clásico

Aunque la protección integrada sigue siendo el pilar más importante donde se apoya la producción integrada tanto desde el punto de vista técnico como operativo es necesario intervenir en los medio agrotécnicos más influyentes en la producción.

Uno de extrema importancia es la calidad del material vegetal: portainjertos y variedades resistentes a los diferentes stresse bióticos y abióticos:

Entre los primeros podriamos citar:

1) Enfermedades causadas por Viroides, virus, fitoplasmas o transmisibles por injerto, como PVP (Plum Pox Virus) virus de la charca en frutales de hueso o PD (Pear Decline) o Decaimiento del peral en frutales de pepita. La ausencia de productos químicos utilizables en el control directo de viroides, virus y fitoplasmas es una característica que los diferencia de otros patógenos (Montesinos *et al.*, 2000). El desarrollo de técnica moleculares de diagnostico esta permitiendo y posibilitara a corto y medio plazo responder a varios interrogantes que se plantean (epidemiología) esencial para su control.

2) Enfermedades causadas por bacterias como el fuego bacteriano en frutales de pepita o tumores del cuello en frutales de hueso. Las técnicas de inmunodiagnostico con el ELISA-DAS y mediante PCR con cebadores específicos para el fuego bacteriano (Bereswill *et al.*, 1995), causada por *Erwinia amylovora* y para el tumor del cuello (Pionnat *et al.*, 1996) causada por *Agrobacterium tumefaciens* y que permiten actualmente una detección rápida y sensible de estas bacterias.

3) Enfermedades causadas por hongos: Es difícil conocer la etiología y cuantificar los daños causados por hongos debidos a chancros en las plantas frutales ya que son varios los hongos que pueden ocasionarlos en la parte aérea (Montesinos *et al.* 2000). Estas son mas controlables, pero con un futuro incierto debido a la legislación más severa, que las que afectan a las raíces la podredumbre de raíz y cuello. En la practica se dispone de fungicidas de contacto que se utilizan en acciones preventivas. Los ataques de estos patógenos son también los responsables de las podredumbres fúngicas. Pero donde la comercialización de antagonistas se ha presentado como una alternativa a los pesticidas sintéticos (Viñas, 1995)

4) Enfermedades causadas por nematodos que constituyen un problema infravalorado en el contexto productivo debido a que sus síntomas en la parte aérea no son específicos. Su combate requiere practicas agronómicas de alto coste y el uso de nematicidas altamente tóxicos, como el bromuro de metilo, y donde la búsqueda de alternativas es uno de los campos de mayor investigación en agricultura. En cualquier caso su combate pasa por la elección de material resistente a estos patógenos, reuniendo los genes de resistencia por hibridación para

crear portainjertos polivalentes (Salesses *et al.*, 1997) y la utilización de los marcadores moleculares asociados a estos genes de resistencia para seleccionar otro material precoz (Lecouls *et al.*, 1999). Este material resistente a nematodos puede ser un medio de lucha eficaz contra el tumor del cuello, pues trabajos recientes han demostrado la interacción de los nematodos agalladores para prevenir el ataque de la *Agrobacterium tumefaciens* (Rubio *et al.*, 2001).

5) Enfermedades causadas por insectos, donde la dinámica poblacional ya ha dado muchos resultados y las nuevas tecnologías están en su base de estudio. Pero la obtención de variedades resistentes es la mejor alternativa como las variedades de melocotonero resistente al pulgón verde (*Myzus persicae*) es el método de control más efectivo (Monnet *et al.*, 1997).

Igualmente la elección de los portainjertos deberá hacerse en función de su adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del lugar. En el caso de Aragón la frecuencia de suelos calizos con PH alto y compactos, con los problemas de asfixia que y clorosis férrica que esto conlleva hace necesaria una buena selección de patrones resistentes a estos Streses medioambientales (Felipe *et al.*, 1997).

El conocimiento cada vez más amplio de una serie de genes que están implicados en estos procesos de plantas tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno abre nuevas perspectivas de estudio y control (Drew, 1997; Zhang *et al.*, 2000).

Las investigaciones realizadas en otros campos como la ecología y el medio ambiente del árbol frutal y su agronomía ayudaran todavía mas a una rápida implantación. Están se basan en buen análisis del suelo antes de la plantación, el estudio del suelo y subsuelo, la calidad de los suelos y de las aguas superficiales y subterráneas, diagnostico y tendencias o el impacto del regadío. Y todos los avances en las técnicas agronómicas de los sistemas de conducción de la plantación, la optimización de la fertilización mineral y orgánica, el manejo de la cobertura vegetal del suelo, el riego y sobre todo una buena optimización del uso del agua.

Por ultimo unas buenas técnicas y estrategias de marketing con una utilización racional, de todos los recursos a nuestro alcance podrán mejorar las ventas de estas frutas de calidad. Teniendo en cuenta que las decisiones estratégicas a aplicar han de estar en función de nuestros medios pero sobre todo de la situación de nuestros competidores.

PRODUCCIÓN INTEGRADA

Los principios que la OILB enumera para la Producción Integrada son los siguientes (El Titi *et al.*, 1995):

1. Aplicación de la PI de forma holística.
2. Minimización de los impactos indeseables de las actividades agrarias (con-laminación, sedimentación por erosión).
3. Puesta en práctica de la PI toda la explotación agraria.
4. Actualización periódica de los conocimientos de los agricultores sobre las técnicas de PI
5. Mantenimiento de agroecosistemas estables.
6. Obtención de ciclos de nutrientes equilibrados y minimización de las pérdidas de nutriente.
7. Conservación y aumento de la fertilidad intrínseca del suelo.
8. Adopción del Control Integrado de Plaga como la base de la toma de de decisiones en la Protección de cultivos.
9. Reforzamiento de la diversidad biológica.

10. Evaluación de la calidad de los productos obtenidos no sólo mediante parámetros de calidad interna y externa sino también mediante "parámetros ecológicos del sistema de producción.

11. Respecto a las necesidades básicas de comportamiento de cada especie animal en su alojamiento.

12. Mantenimiento de las densidades de animales en la explotación en niveles compatibles con otros principios de la PI, tales como el equilibrio de los ciclos de nutrientes.

Aquellos de estos principios que afecten a la Producción Integrada de fruta deben de ser incluidos en las reglamentaciones que el Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón está elaborando. De esta forma, se asegura que el reconocimiento de la normativa por parte de la OILB se produzca sin ningún problema y de una forma rápida.

BIBLIOGRAFÍA

Bereswill, S. Bugert, P. Bruchmuller, I. Geider, K. 1995. Identification of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora* by PCR assays with chromosomal DNA. Appl. Environ. Microbiol. 61: 2636-2642.

Drew, M.C. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. Plant Mol. Biol. 48, 223-250.

El Titi, A. Boller, E.F. Gendrier, Jp (Eds). 1993. Integrated Production. Principles and Technical Guidelines. IOBC/WPRS Bulletin 16(1). 96 pp.

Felipe, A.J., J. Gomez-Aparisi, and R. Socias i Company, 1997: Breeding Almond x Peach Hybrids rootstocks at Zaragoza. Proc. II Internat. Symp. Pistachios and Almonds, August 24-29, Davis, CA.

Franco, I. 1995. Denominación Genérica de Producción Integrada: Reglamento. Fruticultura Profesional. N 70. Especial. 1995. pp 108-109

Lecouls A.C. Rubio-Cabetas, M.J., Minot, J.C. Voisin, R. Bonnet, A. Salesses, G. Dirlenwager, E. and Esmenjaud D. 1999. RAPD and SCAR markers linked to the *Mal* root-knot nematode resistance gene in Myrobalan plum (*Prunus cerasifera*). T.A.G. 99: 328-335.

Monet, R. Guye, A. Masson G. 1997. Breeding for resistance to green aphid, *Myzus persicae* Sulzer, in the peach. Acta Horticulturae. 465. pp 171.

Montesinos E., Melgarajo, P. Cambra, M.A. Pinochet, J. 2000. Las enfermedades de los frutales de hueso y de pepita y su importancia económica en España. Monografía de la Sociedad Española de Fitopatología. Nº 3. (Eds) Mundi Prensa. pp 15-17

Pionnat S, Nesmes X, Dessaux Y and Poncet C. 1996. Detection and determination of pathogenic *Agrobacterium* of roses with PCR. Acta Horticulturae 424: 227-232

Rubio-Cabetas, M.J. Minot, J.C. Voisin, R. and Esmenjaud D. 2001. Interaction of root-knot nematodes (RKN) and the bacterium *Agrobacterium tumefaciens* in roots of *Prunus cerasifera*: Evidence of the protective effect of the *Ma* RKN resistance genes against expression of crown gall symptom. European Journal Plant Pathology. 107:433-441.

Salesses, G., A.C. Lecouls, E. Dirlenwager, and D. Esmenjaud, 1997: Interspecific hybridization and rootstock breeding for the peach. Acta Horticulturae. 465. pp 209.

Tora, R. Sio, J. Sarausa, M.J. Avila, J. 1995. Control Integrado de Plagas en Huertos de manzano y de Peral en Cataluña. Fruticultura Profesional. N 70. Especial. 1995. pp 36-51

Viñas, I. Producción Integrada en Postcosecha de Frutas de Pepita. Control Biológico. Fruticultura Profesional. N 70. Especial. 1995. pp 100-104.

Zhang, J. Van Toai, T. Huynh, L. Preiszer, J. 2000. Development of flooding-tolerant *Arabidopsis thaliana* by autoregulated cytokinin production.. Molecular Breeding 6: 135-144.

TRUFERAS CULTIVADAS, UN EJEMPLO DE GESTIÓN SOSTENIBLE. RESULTADOS PRELIMINARES.

A. Urdíroz, C. Palazón, J. Barriuso ⁽¹⁾, I. Delgado

Servicio de Investigación Agroalimentaria, Unidad de Sanidad Vegetal. Apartado 727.
50080 Zaragoza, España.

(1) Universidad de Zaragoza. Escuela Pol. Sup. de Huesca. Dpto. Agricultura y Economía Agraria. 22071 Huesca, España.

RESUMEN

Se han plantado 8 parcelas de *Quercus ilex* (encina) con *Tuber melanosporum* (trufa negra) en diferentes regiones climáticas de Aragón, con objeto de estudiar la evolución de las micorrizas radicales a lo largo del desarrollo inicial de las plantas antes de su entrada en producción. El manejo de estas plantaciones artificiales se ha venido realizando desde una perspectiva de producción agrícola integrada y en la mayoría de las ocasiones como una producción ecológica que se debería asemejar a una producción natural.

Simultáneamente se han realizado una serie de labores agrícolas como la poda de las encinas, el desherbado mecánico y químico, el enherbado natural y artificial, la enmienda caliza del suelo y el aporte hídrico, para determinar la influencia de los mismos en la evolución de las micorrizas y en la producción final de trufa negra.

INTRODUCCIÓN

Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Brasil en 1992, diversas ONGs redactaron, ampliando la definición oficial (Sustainable Agriculture and Rural Development, Consejo de la FAO, 1989) su propio concepto de Agricultura Sostenible, que puede aplicarse sin lugar a dudas en el caso de la producción trufera:

«La agricultura sustentable es un modelo de organización social y económica basado en una visión equitativa y participativa del desarrollo, que reconoce al medio ambiente y los recursos naturales como las bases de la actividad económica. La agricultura es sustentable cuando es ecológicamente viable, socialmente justa, culturalmente apropiada y basada en un método científico holístico.

(...) La agricultura sustentable preserva la biodiversidad, mantiene la fertilidad del suelo y la pureza del agua, conserva y mejora las cualidades químicas, físicas y biológicas de la tierra, recicla los recursos naturales y conserva la energía...

(...) La agricultura sustentable respeta los principios ecológicos de la diversidad e interdependencia, y usa los conocimientos de la ciencia moderna para mejorar -en lugar de desplazar- la sabiduría tradicional acumulada durante siglos por innumerables agricultores de todo el mundo.»

Como se puede deducir de la esencia de la producción de bienes de consumo sostenible, la producción de productos básicos sólo puede tener lugar en el contexto de una organización social que proteja la integridad de los recursos naturales y la armoniosa interacción de los seres humanos, el agroecosistema y el medio ambiente.

La visión de la producción agrícola sostenible se debe enfocar entre otras ideas, sobre la necesidad natural de seguir creciendo en términos de productividad agrícola, pero teniendo en cuenta el equilibrio necesario también con la conservación, cantidad y calidad de los recursos

involucrados en la agricultura. Todo esto implica usar dichos recursos a tasas más bajas que aquellas a las cuales son generados, emitir desechos en menor cantidad de lo que el hombre o el medio ambiente pueda absorberlos y por último, aunque no menos importante, optimizar la gestión y el aprovechamiento de los subproductos generados (Daly, 1993).

OBJETIVOS

Los objetivos que proponemos en este estudio son:

- Poner en producción 8 plantaciones experimentales de encinas (*Quercus ilex*) micorrizadas con *Tuber melanosporum*, para la producción de trufas.
- Analizar distintos tratamientos o técnicas (labores) culturales con el objeto de determinar el grado de beneficio producido en el desarrollo posterior de *Tuber melanosporum* y su contribución a acelerar su entrada en producción. Los tratamientos a realizar en este experimento son: poda, laboreo del suelo, uso de herbicidas químicos, enherbado de las parcelas, enmienda caliza y aportes hídricos mediante riego.
- El resultado de la influencia de estos tratamientos se obtendrá cuando las plantas entren en producción, hecho que puede demorarse varios años. Previamente realizaremos un seguimiento del estado de la micorrización de los árboles plantados en las parcelas experimentales con el fin de observar los diferentes “tipos micorrícicos” que puedan aparecer, determinando de este modo el grado de implantación de *T. melanosporum* en las plantas huéspedes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar los tratamientos se ha dispuesto de 8 parcelas: dos en la zona norte (Troncedo y Puebla de Fantova), dos en la falda del Moncayo (Litago y Alcalá de Moncayo), una en Paniza y tres en Montañana (Figura 1). Todas estas parcelas cumplen con las condiciones climáticas y edafológicas recomendadas para realizar plantaciones de encinas micorrizadas con trufa negra. El árbol elegido para realizar las plantaciones ha sido la encina, aunque en la parcela de S.I.A. – 1 se plantaron además algunos ejemplares de roble y avellano.

Las plantas que se colocaron en las parcelas fueron micorrizadas en el S.I.A. de la D.G.A. y presentaban un grado de micorrización óptimo, según el método de Palazón y col. (1999). La tabla 1 muestra el nº de árboles plantados, en que año se realizó la plantación y el tratamiento a realizar en cada una de las parcelas experimentales. En todos los casos, el marco de plantación elegido fue 6 x 6 m.

PARCELA	Nº DE ÁRBOLES	AÑO PLANTACIÓN	TRATAMIENTO
Puebla de Fantova	185	1997-1998	Herbicida
Paniza	106	1998	Poda
Troncedo	114	1997	Laboreo mínimo
Litago	101	1998	Enmienda caliza
Alcalá de Moncayo	588	1999	Poda y riego
S.I.A. – 1	83	1995	Laboreo continuo
S.I.A. – 2	100	1999	Laboreo continuo Laboreo mínimo
S.I.A. – 3	109	2000	Laboreo mínimo Enherbado Enmienda caliza

Tabla 1: Parcelas experimentales

Describiremos a continuación más detalladamente los tratamientos que se van a llevar a cabo en estos ensayos.

Poda: Para un desarrollo óptimo del hongo es necesario que incidan sobre el terreno los rayos de sol. Este fenómeno se conseguirá efectuando podas de formación tendentes a que el árbol adopte forma de cono invertido, lo cual permitirá además una mejor aireación del propio árbol y facilitará las labores futuras que se realicen sobre el terreno.

Laboreo: El laboreo se realizará con el objetivo de eliminar mecánicamente las malas hierbas que puedan competir con la planta o el hongo, además de servir para airear el suelo. Las labores nunca se realizarán a gran profundidad (máximo 8 cm) y se debe respetar siempre la zona que resulte de la proyección del árbol sobre el suelo. Para ver el efecto del laboreo se realizarán dos tipos, uno mínimo y otro continuado.

Herbicida: Como alternativa al laboreo realizado para la eliminación de malas hierbas, se puede aplicar herbicidas (tipo glifosato), sobre todo para eliminar las que aparezcan alrededor del tronco. Deben emplearse dosis adecuadas y mínimas para evitar residuos en el suelo que puedan disminuir la calidad de las trufas. En todo caso con la intención de que la producción de trufas mediante trufas artificiales sea considerada como agricultura ecológica, esta técnica se intentará no utilizarla.

Enherbado: No todas las plantas que pueden aparecer en una trufera cultivada deben considerarse malas hierbas. Según Olivier *et al.* (1996) la presencia de ciertas especies vegetales puede llegar incluso a favorecer la producción trufera. Este autor considera positivas para la truficultura especies del género *Festuca*, por ello, se procederá a sembrar dos zonas de una parcela con dos especies diferentes de este género, *Festuca ovina* y *Festuca arundinacea*.

Enmienda caliza: La trufa negra se desarrolla mejor en suelos cuyo pH presenta valores entre 7,5 y 8,5. Con este tratamiento se pretende elevar el pH de ciertas zonas y se observará si supone algún beneficio para la obtención de trufa. Además se pretende evitar la presencia de especies de *Tuber* que crecen en suelos con un pH más bajo, como son *T. brumale* o *T. rufum*, especies de menor valor comercial.

Riego: El riego estará siempre en función de las condiciones climáticas del lugar, pero durante los meses de sequía estival (junio, julio y agosto) es cuando el hongo necesita para su desarrollo una mayor cantidad de agua, por lo que se hace imprescindible el riego. Con este tratamiento observaremos y se intentará determinar la importancia que tiene el riego en trufas cultivadas, lo cual ya se ha visto en la plantación de Soria Arotz-Catesa, donde la producción oscila entre 15-45 Kg/ha en zonas con riego y 2 Kg/ha en zonas sin riego (Carbajo, 2000).

Toma de muestras. Para observar el estado micorrícico en el que se encuentran las plantaciones y como influyen los tratamientos, se han realizado dos muestreos al año, en primavera y en otoño, épocas en las que la micorriza presenta un buen aspecto para ser analizada (Giraud, 1988). Además, se toman datos de la altura del árbol y a que distancia y profundidad se encuentran las micorrizas.

Análisis de las muestras. Las micorrizas, órganos resultantes de la relación simbiótica de la raíz de la planta con el hongo, serán observadas en primer lugar a la lupa binocular para distinguirlas de otros ápices radicales que no estuvieran formando micorrizas. Tras esta primera observación, las micorrizas se estudiarán al microscopio para identificarlas. Para ello nos basaremos en caracteres que presentan y que son utilizados para su determinación, como son el color, el tipo de manto (entramado de hifas del hongo en torno a la raíz de la planta, de manera que esta queda cubierta por él) y presencia o no de hifas saliendo de él. En el caso de *Tuber melanosporum*, la micorriza presenta un manto pseudoparenquimático con las células en forma de puzzle, las hifas son largas y presentan ramificaciones en ángulos rectos (Foto 1). Su color es marrón claro cuando están jóvenes, pasando a marrón oscuro al envejecer.

RESULTADOS

Hasta la fecha se han realizado tres muestreos, otoño de 2000, y primavera y otoño de 2001 antes de realizar los tratamientos culturales. Estos muestreos previos a la realización de los tratamientos se efectuaron con el fin de asegurar que con el paso de algún tiempo, todavía estaba presente *Tuber melanosporum* en el terreno.

La tabla 2 muestra los datos relativos a altura del árbol, y distancia y profundidad de muestreo.

PARCELA	OTOÑO 2000			PRIMAVERA 2001			OTOÑO 2001		
	A	D	P	A	D	P	A	D	P
S.I.A. – 1	169	19,9	11,4	161	26,7	8,8	167,5	26,45	5
S.I.A. – 2	119	5	12,8	116,7	11	11,5	161,7	7,7	7,7
S.I.A. – 3	60	1	5,5	80	2,12	5,25	101	3,62	4,88
Litago	93,3	4,3	11,3	91	4,2	10,6	87	6	9,6
Troncedo	90	5,14	11,2	117	9,4	12,6	129	5	9
Paniza	94	2,4	7,6	99,2	3,3	12	105	4,3	6
Fantova	110,8	4,5	8	110,5	5,8	9,3	105	8,5	9,25
Alcalá de Moncayo	40	1	5,4	38,9	1	5,13	42,5	2,13	7

Tabla 2.- Altura media del árbol (A), distancia media (D) y profundidad media (P) de los árboles muestreados en cada parcela (en cm).

Las parcelas y el estado micorrícico de las mismas se resumen en la tabla 3.

PARCELA	STATUS MICORRÍCICO
S.I.A. – 1	<i>Tuber melanosporum</i> , <i>Tuber brumale</i>
S.I.A. – 2	<i>Tuber melanosporum</i>
S.I.A. – 3	<i>Tuber melanosporum</i>
Puebla de Fantova	<i>Tuber melanosporum</i> , Tipo 1, Tipo SB, Tipo <i>Hebeloma</i>
Litago	<i>Tuber melanosporum</i> , Tipo <i>Hebeloma</i> , Tipo AD, Tipo <i>Hymenogaster</i> , Tipo 2
Troncedo	<i>Tuber melanosporum</i>
Alcalá de Moncayo	<i>Tuber melanosporum</i> , <i>Tuber sp.</i>
Paniza	<i>Tuber melanosporum</i> , <i>Tuber sp.</i>

Tabla 3: Micorrizas encontradas en cada parcela antes de los tratamientos.

DISCUSIÓN

Tal y como se esperaba, con el paso del tiempo los árboles, por lo general, han aumentado en altura y en porte, aunque en ocasiones los datos de altura recogidos no reflejan este aumento debido a que algunos de ellos fueron podados. Este aumento en altura y porte del árbol se ha debido a la presencia de micorrizas en sus raíces, las cuales benefician notablemente al árbol y permiten su mayor desarrollo (Barea y col., 1999). También se ha observado como la distancia a la que se han recogido las muestras ha aumentado, debido al buen desarrollo radical que están teniendo las plantas en las parcelas. Cabe destacar que la profundidad media a la que se encuentran las micorrizas por lo general tiende a disminuir, ya que las raíces tienden a ser más superficiales.

También era de esperar que una vez puestas en campo las plantas inoculadas con nuestro hongo fueran colonizadas por otros hongos que pudieran estar en el terreno. De todos ellos, destacamos la presencia de *Tuber brumale* en la parcela de S.I.A. – 1, nada sorprendente si tenemos en cuenta que su presencia fue detectada en una planta de avellano, especie propensa a albergar mayor número de especies competidoras (Etayo y De Miguel, 1998). Otros tipos micorrícicos encontrados han sido los llamados Tipo SB, Tipo AD, Tipo *Hebeloma* y Tipo *Hymenogaster*, especies citadas en la literatura como frecuentes en trufas cultivadas (Sáez y De Miguel, 1995; Etayo y col., 1999).

Han aparecido otros tipos micorrícicos que no han sido todavía determinados, los denominados tipos 1 y 2, los cuales no merecen una mayor atención ya que han aparecido en mínima cantidad y no muestran características morfológicas que permitan su identificación, si bien hay que tenerlos en cuenta para detectar su posible presencia en otros muestreos.

Por último, comentar que en todas nuestras plantaciones continúa estando presente el hongo que nos interesa, *Tuber melanosporum*, incluso en plantaciones con 6 años de antigüedad, lo cual nos lleva a empezar este proyecto con gran optimismo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Barea, J.M.; Perez-Solis, E.; Del Val, C. & Azcón-Aguilar, C. (1999) Importancia de las micorrizas en el establecimiento y protección de las plantas en suelos degradados. *Phytoma*, 111: 18-30
- Carbajo, P. (2000). Arotz-Catesa. Plantación de encinas micorrizadas para la producción de trufas (*Tuber melanosporum*) en la provincia de Soria. Jornadas de Truficultura. Viver, El Toro, Castellón. Octubre 2000.
- Daly, H.E. (1993) Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics. H.E. Daly & K.N. Townsend, (Eds.), Cambridge, Massachusetts. MA: MIT Press, 387 pp.
- Etayo, M.L. & De Miguel, A.M. (1998). Estudio de la ectomicorrizas en una trufera cultivadas situada en Oloriz (Navarra). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 11: 55-114
- Etayo, M.L., De Miguel, A.M. y & De Roman, M. (1999). Ectomycorrhizae occurring in hazel (*Corylus avellana* L.), oak (*Quercus faginea* Lam.) and evergreen oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) in a cultivated truffle bed along 4 sampling years. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 12: 13-22
- Giraud, M. (1988). Prélèvement et analyse de mycorrhizes. C.T.I.F.L., 1988. La truffe. pp: 49-63. F.N.P.T. Juillet, 1988 n° 10. Ed. Charles Parra. Congrès de la trufficulture. Saintes, 27-28 Novembre 1987
- Olivier, J.M., Savignac, J.C. & Souzart, P. (1996). Truffe et trufficulture. Ed.- Fanlac. 263 pp.
- Palazón, C.; Cartié, G., Delgado, I., Barriuso, J. & Esteban, H. (1999). Propuesta de un método de evaluación y control de calidad de planta (*Quercus* spp.) micorrizada con *Tuber melanosporum* Vitt. para la obtención, en España, de la etiqueta de certificación. V Congreso Internacional de Ciencia y cultivo de la trufa. Aix-en-Provence, Francia, 4-6 de marzo de 1999
- Sáez, R. & De Miguel, A.M. Guía práctica de truficultura. ITGA-Universidad de Navarra. Pamplona, 94 pp.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido subvencionado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), fondos FEDER, en el marco del Programa Sectorial de I + D Agrario y Alimentario del MAPA, Proyecto SC00-013

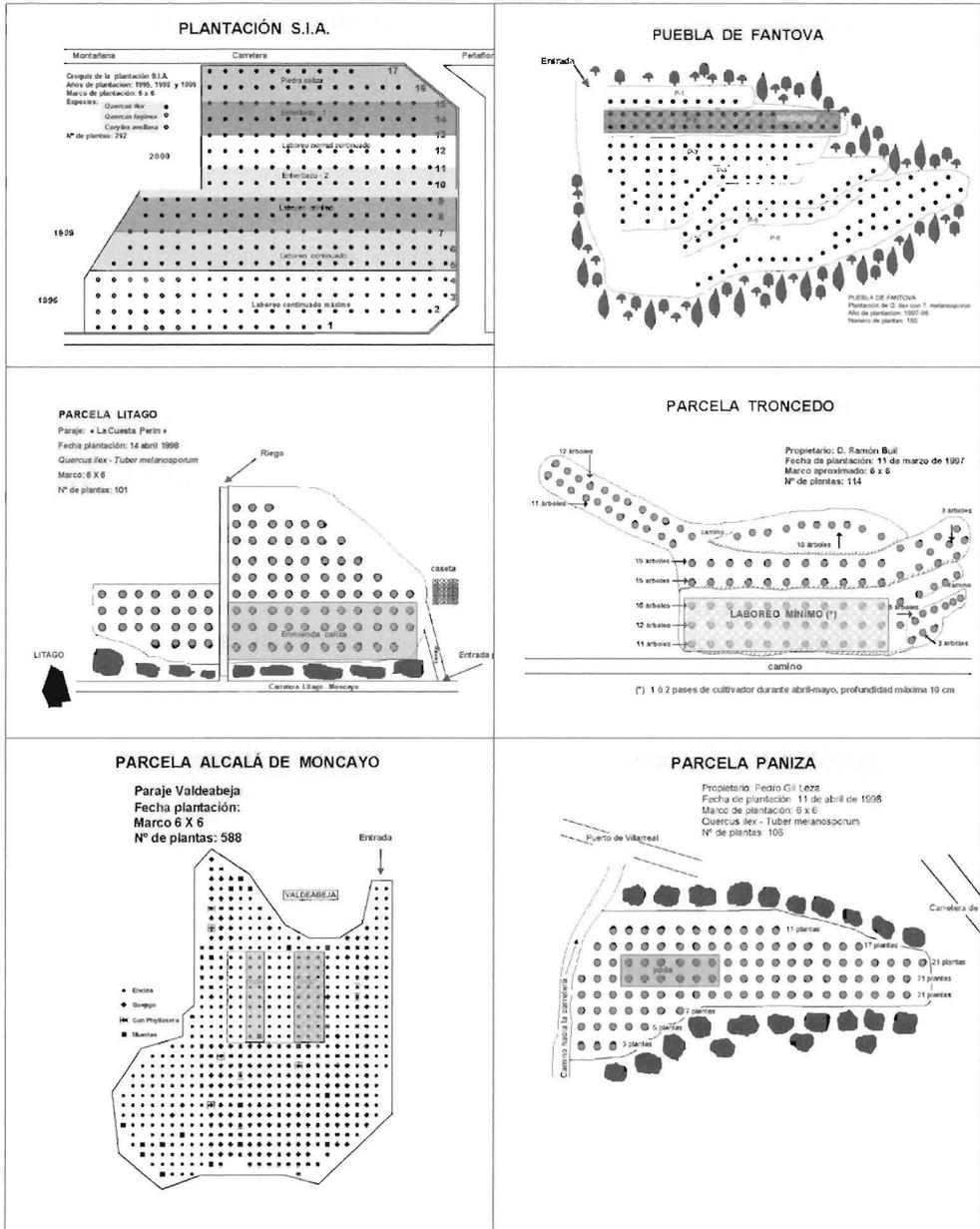


Figura 1: Croquis de las parcelas



Foto 1: Aspecto de micorrizas de *Tuber melanosporum*

LA CERTIFICACIÓN DE LA PLANTA MICORRIZADA CON TRUFA NEGRA

Palazón C. (1), Urdíroz A. (1), Barriuso J. (2), Delgado I. (1)

(1) Servicio de Investigación Agroalimentaria. Gobierno de Aragón.

(2) Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza.

RESUMEN

La certificación de la planta micorrizada con trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) carece de una normativa oficial que garantice el establecimiento de la simbiosis del hongo, en proporciones adecuadas para su cultivo. El trabajo recoge los antecedentes suscitados para la elaboración de una norma o protocolo de certificación únicos, por parte de todos los sectores implicados en este tipo de actividad, a la vez que detalla el protocolo asumido por el Instituto de Investigación Agraria y Alimentaria (INIA) y que fue enviado para su consideración al Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero (INSSPPV).

ANTECEDENTES

La producción de planta micorrizada con trufa negra por parte de los viveros especializados en este tipo de actividad, carece en la actualidad de una normativa oficial de referencia que permita garantizar que las plantas objeto de la venta presentan raíces micorrizadas de *Tuber melanosporum* Vitt. en una cantidad razonable y suficiente para justificar su precio.

El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) auspició varias reuniones técnicas entre todos los sectores implicados, intentando unificar criterios y elaborar un protocolo para la certificación de la planta. A pesar de que no se llegó a un acuerdo entre los diferentes asistentes, el INIA, basándose en las diferentes propuestas y métodos presentados, elaboró su propio protocolo, remitiéndolo al Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero (INSSPPV) para su consideración.

En el momento actual, transcurridos 5 años desde el hecho anterior, la situación no ha cambiado demasiado. El traspaso de competencias por parte del INSSPPV a las Comunidades Autónomas y la existencia de Instituciones o Entidades locales que están implicadas en la concesión de ayudas y subvenciones a la plantación de frondosas micorrizadas, ha acentuado la pluralidad de etiquetas que garantizan la calidad de las plantas, apoyadas en diferentes protocolos técnicos que no han sido contrastados suficientemente entre sí.

En la última Reunión del Grupo Europeo Tuber (GET), celebrada en Graus (Huesca), se ha instado a los diferentes países integrantes a elaborar un protocolo de certificación europeo único, protocolo GET, que sirva de referencia y permita contrastarlo con los utilizados en la actualidad por los controladores actuales.

NORMATIVA PROPUESTA POR INIA

CRITERIOS GENERALES

Cualquier metodología implicada en la certificación de planta micorrizada con *T. melanosporum* debería cumplir los siguientes requisitos:

- debe ser sencilla y de fácil aplicación
- debe ser económicamente viable
- el concepto de contaminación debe estar bien definido
- debe ser sometida a revisiones periódicas

METODOLOGÍA

A) Control de la facies esporal

Se proporcionará a los Viveros material para que recojan, en tubos de ensayo, muestras de las suspensiones de esporas que han utilizado para inocular los lotes. Cada tubo se identificará anotando la especie vegetal, número de lote y fecha de inoculación.

Terminada la inoculación de cada lote, se depositarán las muestras en el Centro de Certificación Oficial, donde se observarán al microscopio las ascosporas del inóculo esporal y la presencia de posibles contaminantes.

B) Identificación del lote homogéneo

Se considerará un lote homogéneo cuando todas las plantas del mismo tengan idénticos:

- procedencia de la bellota.
- fecha de siembra.
- sustrato de cultivo.
- lote de inóculo.
- proceso, método y fecha de inoculación.
- régimen de riego.

C) Toma de muestras

La calidad comercial de las plantas será el primer factor a considerar, por lo que las partidas estarán formadas, como mínimo, por un 95% de plantas que cumplan los criterios necesarios (PEÑUELAS, 1995) para este fin. Esto es muy importante pues las plantas que no los cumplan, pueden excluirse del conteo de ápices micorrizados que se realizará posteriormente.

Es algo evidente que el tamaño de la muestra representa el aspecto más importante sobre el que se va a basar cualquier análisis estadístico. En nuestro caso este tamaño está condicionado por el alto precio de las plantas y por la laboriosidad del análisis que se realiza sobre las mismas y que siempre es destructivo. Estos hechos han influenciado la elección de un porcentaje de muestreo, o tamaño de muestra, que se ha cifrado en un 5 p.1000 como mínimo, aunque se recomienda que, en los primeros años de certificación se empiece con un 8 p.1000.

El número de plantas a muestrear por lote, no será nunca inferior a 8, independiente del tamaño del lote.

La toma de muestra de las plantas se hará siempre de forma aleatoria.

D) Lavado de las plantas

Las plantas se colocarán agrupadas, sumergidas con sus contenedores, en un recipiente con agua durante 24 horas, para que se disgreguen las partículas del sustrato con el menor perjuicio para la raíz. Si es necesario, puede añadirse al agua una pequeña cantidad de Twin 80.

Posteriormente, se lavarán individualmente bajo el grifo, con mucho cuidado pues si el sustrato está muy adherido a la raíz de la planta, podemos perder gran parte de ápices micorrizados al intentar lavarla. Es un hecho comprobado que el tipo de sustrato utilizado, puede provocar una gran adherencia del mismo a las raíces, dificultando su análisis.

E) Primera observación a la lupa

Una vez lavada la planta, se sumerge horizontalmente en un recipiente con agua. El recipiente puede ser transparente o de algún color en la base, que contraste con la coloración de la raíz, si ello facilita la observación (Foto 1).

Los detalles a considerar en esta primera observación son los siguientes:

- presencia o ausencia de micorrizas
- cantidad de las mismas
- lugar de concentración (en el cuello de la raíz, sector medio o sector apical) o distribución homogénea.
- identificación de los diferentes tipos de micorrizas, si los hay, al microscopio.

Un problema que puede plantearse es el grado de maduración de las micorrizas, ya que si éstas son inmaduras, o incluso muy senescentes, pueden plantear problemas de identificación, lo que obliga a la realización de numerosas preparaciones microscópicas. Otro problema que afecta a la calidad de la planta es el de la ausencia o escasez de raíces tróficas, que puede conducir a valores poco fiables del porcentaje de micorrización, hecho que el observador debe tener muy en cuenta y consecuentemente rechazar esa planta de la muestra.

Las micorrizas de *T. melanosporum* Vitt. son claras y se identifican con facilidad, pero hay contaminantes y otros tipos de micorrizas que no están bien definidos. Por ello son necesarias claves claras y prácticas que faciliten el diagnóstico. En este sentido hay que proclamar la urgencia en la elaboración de un catálogo de contaminantes, que facilite el intercambio de información ayudando a identificar las micorrizas no deseadas, en la certificación de *T. melanosporum*.

F) Conteo de las micorrizas

Inmediatamente después de realizar la primera observación procedemos a sacar la planta de su recipiente, colocándola sobre la mesa, próxima a una regla o plantilla que nos permita dividir el aparato radicular de la planta en tres sectores (S1=superior, S2=medio y S3=apical), aproximadamente de la misma longitud (Foto 2).

De cada una de las 3 divisiones extraemos totalmente al azar un número suficiente de raíces que nos permitan contar un mínimo de 100 ápices radicales (Foto 3).

Al final se obtienen, pues, 3 porcentajes, de los que se calcula la media aritmética, que corresponde al porcentaje de micorrización (PM) de la planta analizada. Todos los datos obtenidos desde la recepción del lote serán recogidos en un estadillo evaluación (Fig. 1) que facilite el control de los mismos.

G) Requisitos mínimos exigibles

Este es uno de los aspectos de mayor responsabilidad y que ha suscitado mayores discusiones en su elaboración, pues se trata de fijar unas condiciones mínimas, a sabiendas de que en algunos casos pueden resultar insuficientes y en otros excesivas. Esto puede explicarse claramente si tenemos en cuenta que la planta micorrizada, va a transplantarse en un terreno definitivo, lleno de competidores biológicos y en el que su proporción de ápices micorrizados por *T. melanosporum* sólo es un factor más, dentro de la complejidad del ecosistema en el que se va a desarrollar, para decidir en qué sentido se va a desarrollar dicha simbiosis. Un porcentaje de micorrización (PM) del 20 p.100, es realmente escaso, aunque puede ser suficiente si el terreno definitivo cumple una serie de características, que hagan la competencia hacia *T. melanosporum* muy difícil. En el caso contrario podríamos tener plantas con un 40 p.100 de micorrización, cuya simbiosis va a sufrir una recesión importante debida al exceso de organismos y especies competidoras, pudiendo incluso desaparecer con el paso del tiempo. Es pues evidente que las características de la planta micorrizada son muy importantes, aunque no se debe perder de vista la importancia de otros factores como el suelo, su textura, su química, su microbiología, la climatología, y las prácticas culturales, que condicionarán el éxito de una plantación trufera.

Las condiciones fijadas para la certificación de un lote han sido las siguientes:

- el porcentaje mínimo de ápices micorrizados con *T. melanosporum* debe ser $\geq 30\%$ (PM ≥ 30).
- la presencia de cualquier otro *Tuber*, distinto a *T. melanosporum* implicará el rechazo inmediato del lote.
- el porcentaje máximo de ápices contaminados, no debe superar el 30 p.100.

Los requisitos descritos parecen bastante abiertos y accesibles para aquellos productores de planta micorrizada con un mínimo de preparación y con la tecnología precisa.

BIBLIOGRAFÍA

PEÑUELAS J., 1995. Calidad de la planta forestal: normativa y control. Jornadas sobre nuevas técnicas de producción de planta forestal. Junta de Castilla y León. Molinos de Duero, Soria. 7-10 de octubre 1995.

MAPA, INIA., 1997. Reunión sobre certificación en España del control de calidad de planta micorrizada con *Tuber melanosporum* Vitt. Zaragoza, 12 de junio de 1997.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), fondos FEDER , en el Marco del Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario del MAPA, Proyecto SC00-013.

FIGURA 1. MODELO DE ESTADILLO PARA LA EVALUACIÓN DE PLANTA MICORRIZADA POR *Tuber melanosporum* Vitt. (Palazón y Cartié)

Lote N° Fecha de la evaluación

Material vegetal Procedencia

N° de plantas del lote N° de plantas analizadas

Estado fenológico 1 savia 2 savias

Criterios de calidad según normativa CEE Cumple No cumple

	Primera observación			N° ápices <i>T. melanosporum</i> / 100				Contaminantes					
	Raíces tróficas abundantes	Colonización n >10%	Contaminación n < 50%	S1	S2	S3	media	1	2	3	4	5	6
planta 1													
planta 2													
planta 3													
planta 4													
planta 5													
planta 6													
planta 7													
planta 8													
planta 9													
planta 10													

Observaciones:

VALORACIÓN FINAL	ADMITIDO	RECHAZADO	PDTE. NUEVA VALORACIÓN

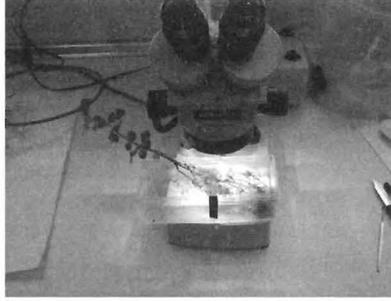


Foto 1. La planta se introduce en un contenedor con agua, para su observación

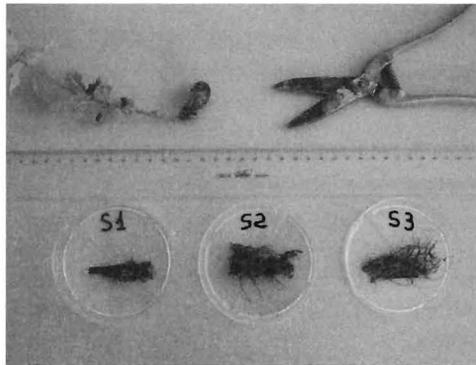


Foto 2. La raíz se corta en 3 partes iguales, depositando su contenido en placas de Petri

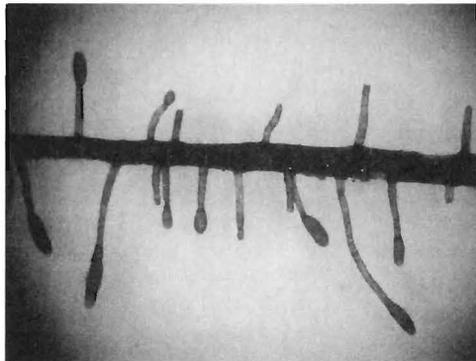


Foto 3. Aspecto que presentan las raíces durante su conteo. Pueden observarse ápices micorrizados contiguos a otros que no lo están.

LA PROTECCIÓN VEGETAL SOSTENIBLE

Ramon Albajes

Universitat de Lleida, Centre UdL-IRTA

Rovira Roure 177, 25199 Lleida

I. Agricultura y Sostenibilidad

Se me invitó a reflexionar sobre protección vegetal sostenible con lo que parece obvio empezar por aclarar qué entendemos por “sostenible”. La primera aproximación a la sostenibilidad proviene quizás de la sensación de que el desarrollo que nos ha permitido mantenernos y multiplicarnos en la Tierra desde hace miles de años está llegando o puede llegar muy pronto a un límite con lo que la cualidad de ‘sostenible’ se refiere a las formas de producir y consumir que permiten satisfacer las necesidades actuales sin poner en peligro la satisfacción de las futuras. Al margen de que esa afirmación abarque o no todo el concepto posible de sostenibilidad, no hay duda de que pone el acento de lo sostenible en su reto de más calado, máximo cuando la presión demográfica sobre todo el sistema económico, social y político es enorme y lo seguirá probablemente siendo en los próximos decenios. Ante ese panorama no cabe duda que la producción agrícola se encuentra en primera fila del escenario y a ella le corresponde producir alimentos necesarios para sostener esa creciente población mundial que según las previsiones medias alcanzará los 10 mil millones dentro de 50 años si se mantiene la actual tasa de crecimiento.

Apresurémonos, sin embargo, a quitar presión a la agricultura diciendo que el hambre en el mundo no es sólo un problema de producir más sino también de hacer llegar los alimentos allí dónde se precisan. Dar de comer a todos no es, pues, un problema exclusivo de la agricultura sino ante todo un problema de distribución de la riqueza mundial y un objetivo prioritario de la sostenibilidad que debe perseguir la reducción de esas desigualdades. Probablemente es el sentido de la afirmación de Margalef cuando dice que su visión de desarrollo sostenible es primar aquéllo que pueda contribuir a una vida más plena para una mayor fracción de los humanos (Margalef, 1999¹).

Otro capítulo a atender en el afán de aumentar la sostenibilidad del desarrollo en general y de la agricultura en particular se refiere a la utilización de energía. La mayor parte de los sistemas agrícolas actuales implican la introducción de grandes cantidades de energía para mantener los rendimientos. La energía utilizada lo es en variadas formas tales como combustibles, fertilizantes, fitosanitarios, etc. cuyo uso en el mundo occidental ha ido en aumento en los últimos decenios en proporciones espectaculares. El creciente uso de energía, amén de poner en peligro el abastecimiento a partir de las fuentes actuales, ha conllevado otra serie de consecuencias negativas entre las cuales el cambio global del clima, lo que a su vez también compromete los rendimientos actuales en buena parte de la superficie agrícola.

La sostenibilidad es multidimensional y, además de los aspectos ya mencionados, contempla también cómo y con qué eficiencia se explotan los recursos naturales, en particular el agua, el suelo, el aire y los diversos componentes bióticos. La eficiencia con que se utilizan esos recursos y los esfuerzos para preservar su cantidad y calidad determinan la sostenibilidad de buena parte de las técnicas agrícolas. La erosión y

pérdida de fertilidad de los suelos, la escasez y pérdida de calidad del agua, la contaminación del aire o el empobrecimiento de la biodiversidad (incluida la genética) son algunos de los problemas más graves que afronta hoy la agricultura como causante o como receptora de los mismos. La eficiencia con que utilizan los insumos, incluyendo la energía, en cualquier proceso productivo es función de la relación que exista entre cantidad de recurso y cantidad y calidad de producto, una función que raramente se conoce dada la gran cantidad de factores que intervienen en la misma, así como la variabilidad con que se dan en el medio agrícola. Y aún cuando se conocen, resulta difícil aplicarlas esas relaciones de modo eficiente. En pocos lugares se practica hoy en día una agricultura de real precisión.

No por citarlo en último lugar tiene menor importancia la compatibilidad de la agricultura con la calidad del medio ambiente. De hecho varios de los componentes de la sostenibilidad citados hasta ahora, por ejemplo el uso de recursos naturales, están directamente relacionados con el medio ambiente. La pérdida de calidad en el medio provocada por la agricultura probablemente ha sido y es en el hombre urbano occidental el acicate mayor para exigir una mayor sostenibilidad de la agricultura. Ahuyentado desde hace años el fantasma del hambre en la sociedad occidental –al menos en la fracción de la sociedad que toma decisiones- a la agricultura se la ve como un perturbador del entorno sin que, además, sea capaz de ofrecer una mínima seguridad alimentaria. No es extraño pues que desde los medios agrícolas se reivindique la multifuncionalidad de la agricultura más allá de producir alimentos: como convertidora de CO₂, como fijadora de la población en el territorio, o como biofábrica en el futuro, por ejemplo.

Situado el horizonte de sostenibilidad en la producción agrícola veamos en qué se concreta cuando pretendemos defender nuestras cosechas de la acción de plagas, enfermedades y malas hierbas.

II. El escenario de la protección vegetal.

La agricultura interviene en un ecosistema con la finalidad de optimizar una única especie o, para ser más exactos, una parte de la biomasa de esa especie (Fig. 1). Ello se consigue a través de varios caminos, sea mediante la maximización de la fijación de la energía solar y su conversión en biomasa, sea minimizando la competencia de otras especies productoras (malas hierbas), disminuyendo los flujos hacia los consumidores primarios (fitófagos o patógenos) o aumentando los dirigidos a los consumidores secundarios (enemigos naturales de fitófagos y parásitos de patógenos).

Los aumentos del rendimiento agrícola por alguna de las vías mencionadas ha sido espectacular a lo largo del siglo XX, primero en países occidentales y más recientemente en otros, especialmente asiáticos. La mayor parte del mismo se ha debido a la obtención de variedades más productivas de modo que el abastecimiento de la población se ha hecho prácticamente sin aumentar sensiblemente la superficie cultivada mundial. Más raramente el incremento de rendimientos se ha conseguido disminuyendo las pérdidas debidas a malas hierbas, plagas y enfermedades. Éstas, según las estimaciones de Pimentel, se duplicaron en la segunda mitad del siglo pasado a pesar de que el uso de plaguicidas se multiplicó por 10 en el mismo periodo y una cuantificación mundial de las mismas las sitúa muy poco por debajo del 50% del rendimiento potencial si incluimos las pérdidas en la postrecolección. A pesar de que parece evidente que los

logros de la llamada revolución verde se hacen cada vez más insostenibles, no hay que olvidar que han conseguido disminuir drásticamente el nivel de hambre en el mundo. Con todo, es ya insoslayable plantear la sostenibilidad en la protección de las cosechas contra los organismos nocivos como uno de los objetivos principales, si no el principal, de la innovación en la tecnología de la protección vegetal. Pasaremos revista en las próximas líneas a las tendencias en la innovación de las técnicas de control de plagas, enfermedades (Jiménez Díaz, 1998ⁱⁱ) y malas hierbas (García-Baudín y Mendiola, 1998ⁱⁱⁱ) con especial mención del primer apartado por ser mi objeto de trabajo.

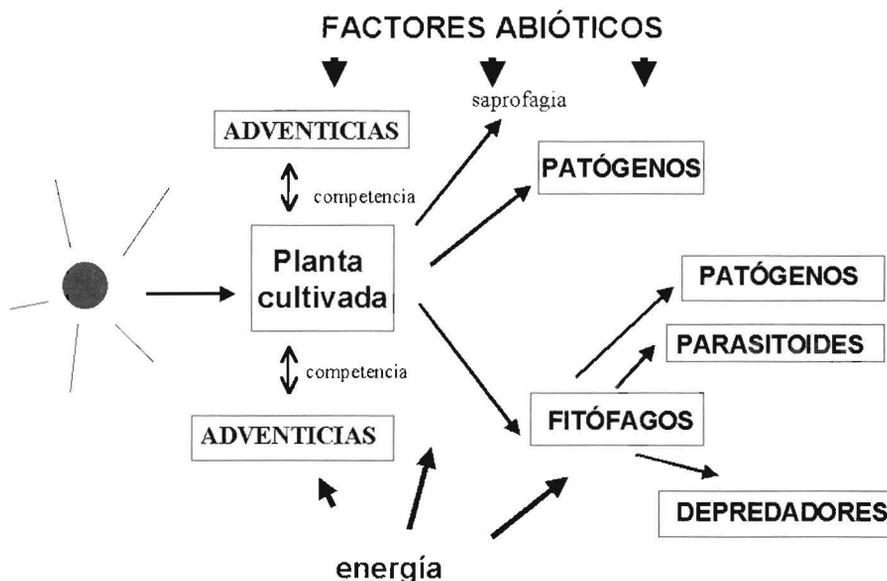


Figura 1. Esquema simplificado de las relaciones tróficas en un agroecosistema directamente implicadas en las pérdidas de rendimiento de cultivo y en las actividades de control.

III. La sostenibilidad en las tendencias actuales de control de plagas y en la protección vegetal en general

Evolución histórica y comparativa con Europa en el uso de productos fitosanitarios

La protección de los cultivos contra las plagas, malas hierbas y enfermedades ha estado basada en buena parte de los últimos sesenta años en el uso de plaguicidas. La evolución en el uso de plaguicidas en España en los últimos 30 años se recoge en la figura 2. Puede apreciarse que medido en pesetas constantes de ventas, el uso de fitosanitarios creció consistentemente en las décadas de los 70 y 80 para estabilizarse posteriormente. Por otra parte, el peso de fitosanitarios comercializados en los últimos años ha venido disminuyendo. Es difícil a partir de esos datos conocer la tendencia exacta en la utilización de plaguicidas en España por cuanto el aumento del valor de las ventas viene enmascarado por el mayor precio de los productos modernamente

aplicados mientras que las dosis por hectárea son sensiblemente menores en esos mismos productos, lo que puede ser el principal responsable de la disminución señalada.

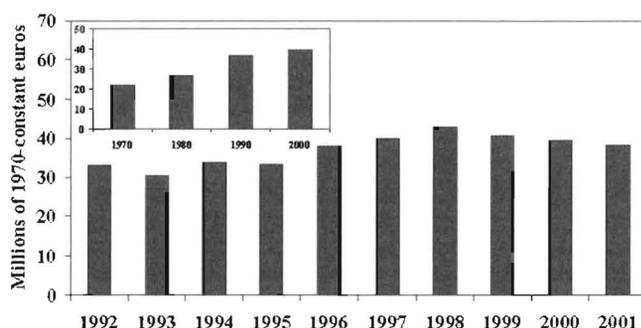


Figura 2. Valor en millones de euros constantes de 1970 del volumen de productos fitosanitarios vendidos en España desde 1970 hasta 2000. Elaboración a partir de datos de AEPLA e índices de precios al consumo.

La comparación del uso medio de fitosanitarios por Ha en España con Europa nos sitúa bastante por debajo del resto de países. Sin embargo, cuando se divide España en diversas regiones según la intensificación de su agricultura, la media de la España mediterránea está por debajo de sólo cuatro países europeos (Tabla 1). Los insecticidas fueron los que más contribuyeron a ese mayor coste de fitosanitarios en la España mediterránea.

País	Superficie Agraria (ha)	Costo productos fitosanitarios (euros/ha)			
		Insecticidas	Fungicidas	Herbicidas	Total
Alemania	7.492	9	30	56	98
Reino Unido	6.600	8	23	41	81
Francia	19.235	10	31	32	80
Italia	11.975	13	19	22	56
Irlanda	933	3	2	26	50
Dinamarca	2.558	5	14	25	42
Suecia	3.912	14	9	15	40
Portugal	3.173	5	13	10	30
España	20.089	8	4	7	22
España mediterránea	2.799	32	14	14	71

Tabla 1. Coste medio de la aplicación de productos fitosanitarios en la Unión Europea en 1994. (García-Baudín, 1998^{iv}).

Resulta por tanto evidente que la argumentación de algunos de que España no precisa de la aplicación de políticas activas para reducir el uso de productos fitosanitarios

amparándose en las cifras medias no sirve si se considera que la mayor parte del producto interior bruto agrícola se obtiene con una media de uso de fitosanitarios equiparable a los grandes países consumidores de Europa.

Las bases estratégicas de la protección vegetal

Decíamos en el primer apartado que un requerimiento esencial para aumentar la sostenibilidad de cualquier proceso productivo es conocer la relación entre insumos y producto. En protección vegetal eso exige la determinación de la relación entre densidad de plaga o mala hierba o cantidad de enfermedad, por una parte, y el rendimiento del cultivo, por otra. Una vez conocida esa relación puede situarse aquella cantidad de organismo nocivo que exige y compensa el tomar medidas de control, valor que habitualmente llamamos umbral económico de daños o términos similares, cada uno de ellos con matices más o menos enriquecedores. Un gran número de factores, la mayor parte de los cuales muy variables y escasamente predecibles –como es el caso por ejemplo de los climáticos–, modulan la relación mencionada así como el umbral económico de daños lo que hace que en la práctica y para cada situación se haga muy difícil establecerlos con una exactitud aceptable. Probablemente los modelos estocásticos son más útiles aunque evidentemente más difíciles de elaborar; en este tipo de modelos se asocia una probabilidad a las pérdidas ocasionadas por determinadas densidades de agente nocivo con lo cual en las decisiones que toma el agricultor éste acepta de forma explícita riesgos cuantificados. Estas herramientas son básicas en la estrategia del control de malas hierbas, plagas y enfermedades y, sin embargo, apenas si son operativas más que en casos contadísimos.

Prevención de agentes nocivos

Parece lógico pensar que situar el cultivo en momentos y lugares en que no hay agente nocivo –o lo hay en baja cantidad– es la primera forma de evitar los problemas que éstos pueden causar. Nos hemos acostumbrado –y es lógico– a planificar los ciclos agrícolas en función del mercado aunque también podría decirse que el mercado se crea a partir de la planificación de los ciclos de cultivo. En éste último caso habría que considerar la “favorabilidad” de cada medio para el desarrollo de plagas, enfermedades y malas hierbas a la hora de escoger las especies cultivadas, sus variedades y sus calendarios de siembra y recolección. En este apartado también podríamos incluir la planificación de las rotaciones, que permiten reducir la densidad de plagas, malas hierbas o de inóculo de patógenos en las primeras fases del cultivo, especialmente en el caso de las plagas y enfermedades más específicas. Un efecto beneficioso semejante tiene la siembra o plantación de material vegetal sano, libre de semilla de malas hierbas, de inóculo de patógenos, de insectos, etc. A cualquiera le pueden parecer triviales las últimas líneas y sin duda lo son, pero no por ello deja de ser frecuente el uso de planteles infestados de plagas –aunque sea a densidades muy bajas–, de cepellones con malas hierbas o de semillas con una cierta cantidad de inóculo, por ejemplo. También son relativamente frecuentes las zonas de monocultivo.

Erradicación y reducción de agentes nocivos

Una vez el agente nocivo está instalado en el cultivo y se considera que ha alcanzado un nivel que merece controlarse se aplican para ello una o varias de las técnicas hoy en día disponibles para reducirlas por debajo de ese nivel.

Resistencia. La resistencia ha sido y sigue siendo una de las técnicas principales para el control de las enfermedades y tiene una creciente aplicación en el control de plagas. Además del conocimiento acumulado en los últimos decenios de las interacciones patógeno- planta y fitófago- planta, el desarrollo de la biología molecular de plantas y sus aplicaciones a la mejora genética han aportado grandes avances en la comprensión de los fenómenos de resistencia y en la obtención de variedades resistentes. Así, la mayor parte de las variedades transgénicas sembradas en el mundo han sido mejoradas con objetivos de protección vegetal, sea para resistir a herbicidas, a plagas o a virus. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, uno de los mayores retos de la resistencia es su durabilidad ya que un gran número de agentes nocivos han desarrollado, a su vez, resistencia a los mecanismos de resistencia vegetal. De hecho, por ejemplo, en variedades transgénicas que han incorporado la capacidad insecticida de *Bacillus thuringiensis* (Bt) los riesgos de habituación a sus toxinas en las plagas para cuyo control se desarrollaron las variedades, constituyen uno de los más serios problemas de los organismos modificados genéticamente (OMGs) con incorporación de Bt. Se han hecho grandes esfuerzos para diseñar estrategias que disminuyan esos riesgos y las más aceptadas y puestas en práctica en EEUU se basan en la comercialización de variedades con expresión de dosis altas de toxinas Bt y la obligatoriedad de sembrar un porcentaje de campos no Bt que representen refugios de individuos no sometidos a presión selectiva y por ello una reserva de genes de susceptibilidad. Otros aspectos que conciernen a la sostenibilidad de los cultivos transgénicos se refieren a los riesgos de que los caracteres transformados puedan pasar a plantas silvestres a través del polen, a que las plantas transformadas resulten perjudiciales al resto de la biocenosis del cultivo distinta al objetivo y en especial a los enemigos naturales de las plagas, o que las cosechas dirigidas a su ingestión puedan resultar dañinos para la salud humana o de los animales domésticos.

Control biológico. Es una técnica muy antigua que ha adquirido un gran desarrollo en los últimos 40 años, primero contra las plagas y malas hierbas y más recientemente contra los patógenos. De entre las diversas modalidades de control biológico –el clásico con importación de enemigos naturales exóticos para agentes nocivos también exóticos o incluso indígenas, el inundativo con enemigos naturales que se sueltan en cantidades masivas pero que son incapaces de establecerse en el medio, y el de conservación en el cual se conservan y potencian los enemigos naturales indígenas- es la última la que más contribuye a la sostenibilidad de la agricultura por cuanto aprovecha recursos naturales propios de cada zona, no exige de grandes cantidades de energía para la cría y no supone apenas riesgo para la fauna indígena. Las dos primeras modalidades de control biológico, en cambio, no tienen esas ventajas. En los últimos años, además, se han puesto de manifiesto –incluso en algún caso, aunque raro, se han documentado científicamente- los riesgos del libre comercio y suelta de depredadores y parasitoides. Riesgos semejantes o incluso mayores se han advertido para el uso de microorganismos para el control de plagas, malas hierbas y enfermedades. No cabe duda que en este último caso el desarrollo de la ingeniería genética en microorganismos auguran un futuro de grandes desarrollos. En cualquiera de las modalidades de control biológico mencionadas se exige cada día más unos protocolos que permitan valorar los riesgos de su uso y que permitan por tanto legislar con fundamento su explotación comercial.

Prácticas culturales. Ya nos hemos referido a las mismas cuando hablamos de prevención de agentes nocivos en los cultivos. Prácticas de cultivo tales como la siembra o recolección pueden planearse en momentos que eviten la coincidencia de los

estados fenológicos del cultivo más susceptibles al ataque con los máximos poblacionales del agente nocivo. En general, puede decirse que suele haber una gran relación entre las prácticas de cultivo y las densidades iniciales o las tasas de crecimiento de las poblaciones de malas hierbas, patógenos y plagas. Desde el punto de vista de la protección vegetal, interesa seguir aquellas prácticas que aumenten la resistencia del medio a la instalación y crecimiento de los agentes nocivos o que favorezcan a sus antagonistas o enemigos naturales. Probablemente es en la adopción de prácticas culturales correctas cuando se precisa de una valoración más global de las técnicas agrícolas y la sostenibilidad. Así, lo que puede ser bueno para aumentar el rendimiento puede exigir la introducción de más insumos, lo que puede ser óptimo para control de un agente nocivo puede ocasionar el aumento de la incidencia de otros. Para concretar esa aproximación global a la producción agrícola en la protección vegetal – volveremos a ello más adelante para referirnos a la producción integrada- hay que resaltar las relaciones entre malas hierbas, patógenos y plagas dentro del agrosistema de forma que la intervención en unos repercute en los demás e incluso deberíamos considerar en este tipo de análisis los márgenes de las parcelas de cultivo cuya multifuncionalidad se conoce cada día más.

Dentro de este apartado de prácticas culturales, el laboreo para control de malas hierbas merece un párrafo aparte dado que ha sido el método tradicional de escarda. Las diversas modalidades de laboreo (y también de siega) persiguen varias finalidades, aunque la escarda está entre las principales. Son labores que consumen una gran cantidad de energía y favorecen enormemente la erosión; éste último es uno de los mayores problemas de falta de sostenibilidad en nuestras zonas mediterráneas. Ambos problemas, por lo tanto, han merecido la investigación de alternativas como son el laboreo reducido y la siembra directa. Estas alternativas tienen la ventaja de disminuir en gran medida la erosión y retener una mayor proporción de agua del suelo. Sin embargo, obliga a aumentar sensiblemente el consumo de herbicidas. Su incidencia en problemas de enfermedades y plagas es variable. La sostenibilidad de este tipo de técnicas de cultivo debe analizarse en cada situación concreta y a lo largo de una serie de años suficientemente larga.

Modificadores del comportamiento. Entre los insectos y los ácaros –grupos a los que pertenecen la gran mayoría de plagas- la comunicación con el medio y entre individuos de la misma población mediante sustancias químicas es muy usual, de forma que poco después de que empezara a ponerse de manifiesto su existencia se pensó en mimetizar su acción en detrimento de las plagas. En los últimos cincuenta años se han identificado cientos de sustancias que forman parte de feromonas, allomonas, kairomonas, sinomonas, etc. La síntesis de esas sustancias y su liberación en el medio en proporciones muy bien estudiadas ha servido para fines muy diversos según el comportamiento interferido: impedir el encuentro entre sexos con feromonas sexuales, concentrar individuos plaga en lugares concretos para facilitar su control con feromonas de agregación o dispersándolos con feromonas de alarma, atraer enemigos naturales hacia plantas cultivadas mediante la liberación de kairomonas, entre los ejemplos más corrientes de uso de sustancias semioquímicas. Entre las aplicaciones de éstas, sin lugar a dudas el empleo de feromonas para confusión sexual es la más extendida. En el último decenio la confusión sexual ha sufrido un gran desarrollo práctico sobre todo en cultivos perennes tales como frutales y viña (el caso del cultivo anual del arroz y su barrenador es una excepción) o en bosques de coníferas para control de la procesionaria. La síntesis a gran escala de los componentes de la feromona y la mejora de los difusores han sido

dos avances significativos a ese respecto aunque queda todavía un gran camino por recorrer antes de que la técnica se implante en grandes superficies con una eficiencia suficiente aun a densidades moderadas y altas de plaga y a un coste competitivo. Téngase en cuenta que el mercado de feromonas era, y en buena medida sigue siendo, un monopolio de unas poquísimas empresas sintetizadoras. Por otra parte, las desmesuradas exigencias de registro y la falta de protección de patentes, al tratarse de sustancias naturales, dificulta que un mayor número de empresas se interesen por las sustancias semioquímicas para control de plagas. Desde un punto de vista de contribución a la sostenibilidad, el empleo de modificadores del comportamiento tiene una gran utilidad por cuanto pequeñísimas cantidades movilizan grandes cantidades de energía en las poblaciones de plagas y suelen ser muy selectivos con efectos secundarios poco probables.

Control químico. De siempre el hombre ha utilizado sustancias químicas para prevenir o “curar” de plagas, enfermedades y malas hierbas a los cultivos. Productos inorgánicos tales como el azufre, sulfato de cobre, arsenito sódico o la sal común y diversos extractos de plantas fueron muy populares hasta bien entrado el siglo XX. Posteriormente y desde hace sesenta años el uso de productos orgánicos con actividad insecticida, acaricida, fungicida y herbicida ha sido masivo y su evolución en España es la reflejada en la figura 2. En el último decenio ha habido y sigue viva una política decidida por parte de los países occidentales de disminuir drásticamente el empleo de fitosanitarios. Paralelamente, hemos asistido al cambio en la naturaleza de esos productos: de buscarse un amplio espectro de acción y larga persistencia hemos pasado a que la selectividad y persistencia moderada son los objetivos prioritarios de las empresas del ramo. Incluso en su publicidad se pone el acento en la selectividad aunque, si bien esa cualidad es mucho mayor en las últimas materias activas salidas al mercado, a medida que se conocen más datos de su selectividad frente a enemigos naturales se ve que su uso no es tan inócuo como en un principio se esperaba; tal es el caso, por ejemplo, de los reguladores de crecimiento de insectos.

El control químico tal como se ha practicado a menudo y se sigue aun practicando como método principal de control, y con criterios escasamente fundamentados, constituye el paradigma de técnica agrícola insostenible: una buena parte de los fitosanitarios tienen un alto impacto en el medio y constituyen una alta entrada de insumos energéticos. Sin embargo, me parece indudable que la mejora de los productos, su restricción en el registro único europeo, su utilización más fundamentada y los avances en las técnicas de aplicación han sido notables en los últimos años y es de esperar todavía grandes avances en los próximos. Se ha dicho en ocasiones que la drástica eliminación de muchas materias activas del mercado como consecuencia de la política de registro europeo va a dejar varios problemas de la protección vegetal del continente sin remedio químico. Probablemente es cierto en algunos casos, aunque también es probable que otras causas, tal como la falta de incentivos de beneficios en cultivos minoritarios, puedan contribuir en mayor medida a ese vacío.

IV. Control y producción integradas

En su famoso opúsculo, la OILB (1977^v) consideró el control integrado como la culminación en la evolución de las técnicas de control de plagas, enfermedades y malas hierbas que permitía responder con un alto grado de satisfacción a las necesidades de tipo económico, ecológico y toxicológico. El control integrado también era considerado

como un sistema tecnológico con una gran contribución a la sostenibilidad de la agricultura: intervenía con acciones de control con criterios fundamentados, utilizaba de forma integrada todo el potencial de control del propio agrosistema, recurría a los plaguicidas químicos sólo como última barrera defensiva cuando el manejo del propio agrosistema no permitía un control eficiente. Nadie, o casi nadie, pone hoy en duda razonadamente, que esos principios constituyen la base de la innovación en control de malas hierbas, plagas y enfermedades. Sin embargo, como la propia OILB también recomendaba hace más de un cuarto de siglo en el mencionado documento, sólo cuando diseñamos y aplicamos el control integrado en el marco de todo el agrosistema velando por un equilibrado desarrollo de la planta –la llamada ya entonces producción integrada– podemos decir que hemos alcanzado el óptimo.

Los alimentos obtenidos con técnicas de producción integrada (P.I.) están reconocidos con una etiqueta específica por muchas administraciones regionales de Europa. Algunas de estas etiquetas tienen ya una larga historia como es el caso de alguna suiza y también del norte de Italia. En España, bastantes comunidades autónomas también tienen definidas sus etiquetas de P.I. en un cierto número de productos agrícolas. Por otro lado, existen unos cuantos protocolos de certificación de modos de producción agrícola que habitualmente utilizan las grandes cadenas de distribución para seleccionar a sus proveedores y vender las mercancías asegurando unos ciertos estándares de técnicas productivas. En la Europa septentrional estas etiquetas han tenido bastante eco en los consumidores y en nuestras latitudes todavía son una mínima minoría la que busca este tipo de distintivos en los alimentos. Dada la gran variabilidad en las directrices que definen las diversas etiquetas de P.I. –tanto entre las públicas como entre las privadas– se sugiere al lector la consulta a los documentos generales sobre P.I. que ha publicado la OILB (1ª versión en El Titi et al., 1993^{vi}; 2ª versión en Boller et al. 1999^{vii}). En la última versión de 1999 se encontrará una puesta al día de lo que esa organización pionera en la definición, investigación y puesta en práctica de la P.I. entiende con esas siglas.

Según la OILB, pues, la producción integrada es, en breve, un sistema de cultivo que produce alimentos y otros productos de alta calidad con la utilización de recursos naturales y regulando los mecanismos para sustituir los insumos contaminantes y para asegurar la sostenibilidad de la producción. Se pone el énfasis en (i) que es una aproximación holística al sistema que implica la totalidad de cada explotación como la unidad básica, (ii) el papel central del agroecosistema, (iii) los ciclos equilibrados de nutrientes y (iv) el bienestar de todas las especies animales domésticas. Asimismo se reconocen como elementos esenciales la preservación y mejora de la fertilidad del suelo y del medio diversificado. Para ello, los métodos biológicos, técnicos y químicos se conjugan cuidadosamente teniendo en cuenta las exigencias de protección del medio ambiente, de rentabilidad y también las sociales.

V. Conclusiones: por una protección vegetal más sostenible

El debate sobre la sostenibilidad en la protección de los cultivos se centra en las vías para aumentarla más que en su necesidad, de la que nadie duda. Cómo se procede es un problema esencialmente político pero las opciones entre las que elegir están en buena parte por definir ya que a menudo el problema de la sostenibilidad es un problema de conocimiento. Conocer las relaciones entre insumos entre sí y con la producción es imprescindible para aumentar la precisión en la agricultura. En el campo de la protección vegetal ello se traduce en conocer la relación entre agentes nocivos, sus

competidores, antagonistas y enemigos naturales y todos ellos con el rendimiento. En la medida que el agrosistema tiene claras relaciones con otros vecinos y no tan vecinos, el conocer esas relaciones también debe permitir valorar y reducir los impactos sobre el medio ambiente.

Disciplinas como la agroecología deben permitir fundamentar el avance tecnológico para innovar de cara a una protección vegetal más sostenible. Concretamente en el campo del control de plagas, las consideraciones a escala de parcela o incluso de explotación son a menudo insuficientes tanto para el análisis de los problemas de plagas como para planear acciones de control. La ecología del paisaje es otra disciplina, lógicamente muy relacionada con la agroecología, que puede aportar fundamento científico y metodológico que ayude a avanzar más rápidamente.

Dado que la mayor parte de los programas de investigación científica de Europa y América incluyen entre sus objetivos prioritarios el desarrollo de tecnologías de producción más sostenibles es de esperar que su implantación se acelere en los próximos años. Es obligado, sin embargo, llamar la atención de algunas tendencias en la financiación de la investigación que pueden quebrar esa tendencia. Por un lado, la inversión en investigación agraria a escala global va disminuyendo, probablemente como consecuencia de los excedentes de alimentos que se dan en los países desarrollados (Fereres y Chacón, 1999^{viii}). Por otro lado la creencia que se va instalando en los gestores de nuestra investigación agraria que la iniciativa privada debe avalar la investigación pública para dar fe de su utilidad. Me parece evidente que buena parte de los logros en materia de sostenibilidad en agricultura se han logrado a partir de la capacidad innovadora del sector público (investigación, extensión, y asesoramiento a la aplicación) y sin el concurso del sector de grandes empresas de insumos y a veces, incluso, a pesar de las mismas. Afortunadamente también en este aspecto la mejora está siendo notable y provechosa.

Referencias

- Boller, E.F. , A. El Titi, J.P. Gendrier, J. Avilla, E. Jörg, & C. Malavolta 1999. Integrated Production. Principles and Technical Guidelines. 2n ed. IOBC/WPRS Bull. 22(4)
- El Titi, A., E.F. Boller, & J.P. Gendrier 1993. Integrated Production Principles and Technical Guidelines. IOBC/WPRS Bull. 16(1).
- Fereres, E. y L. Chacón 1999. Desarrollo sostenible y agricultura. En Folch y 6 autores más (ed) "Desenvolupament sostenible. Els llindars en la construcció de les relacions humanes i el medi ambient. Universitat de Lleida, Col.lecció Pensaments nº7, Lleida, pp. 67-79.
- García-Baudín, J.M. 1998. Los productos fitosanitarios en la agricultura española. En García-Baudín, J.M. (ed) "Los productos fitosanitarios en el marco del registro único europeo. INIA, Colección Monografías nº 102, Madrid, pp. 9-16.
- García-Baudín, J.M. y M.A. Mendiola 1998. Control de malas hierbas. En Jiménez Díaz, R. y J. Lamo de Espinosa (coord.) "Agricultura Sostenible", Mundi Prensa, Madrid pp. 329-344.
- Jiménez Díaz, R. 1998. Control de enfermedades. En Jiménez Díaz, R. y J. Lamo de Espinosa (coord.) "Agricultura Sostenible", Mundi Prensa, Madrid pp. 345-375.

- Margalef, R. 1999. Desenvolupament sostenible i ciència. . En Folch y 6 autores más (ed) "Desenvolupament sostenible. Els límits en la construcció de les relacions humanes i el medi ambient. Universitat de Lleida, Col.lecció Pensaments nº7, Lleida, pp. 97- 109.
- OILB/SROP 1977. Vers la production agricole intégrée par la lutte intégrée. IOBC/WPRS Bull. 1977/4.
-

ENSAYO DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO EN ALMENDRO

C. Zaragoza, J. Crespo ⁽¹⁾, M. A. San Nicolás ⁽¹⁾

S. Fernández-Cavada, J. M. Sopena, J. Gómez Aparisi

Dpto. de Agricultura. Gobierno de Aragón. Apdo. 727 50080 Zaragoza

(1) Oficina Comarcal Agraria de Alcañiz (Teruel)

Resumen: Se ha estudiado el control de las malas hierbas y el crecimiento de almendros de 3 años sometidos a 1) laboreo tradicional, 2) no laboreo total a base de diferentes herbicidas residuales en enero y repaso con foliares en verano, 3) laboreo integrado, con los herbicidas de (2) en bandas bajo los árboles y laboreo superficial en las entrelíneas, y 4) cobertura vegetal en las entrelíneas, sembradas con cebada y segadas en abril con glufosinato 15% (5 l/ha), y los herbicidas de (2) en bandas bajo los árboles. El experimento se ha realizado en el secano de Calanda (Teruel) y ha durado tres años. No hubo diferencias significativas en el control de malas hierbas ni en los crecimientos de los troncos entre los distintos sistemas.

INTRODUCCIÓN

El 40-50% de los suelos agrícolas de la mayoría de las regiones españolas sufren una pérdida de suelo por erosión de 6 a 50 tm /ha y año, tasa considerada como media o alta. Trabajos recientes muestran como en los cultivos leñosos (olivar, almendro y viña) es en donde se observa mayor erosión (80 tm/ha y año) (Pastor, 1999).

Aunque determinados factores intrínsecos del medio (régimen pluviométrico típico mediterráneo, tipo de suelo, orografía montañosa, etc.) hacen que la erosión en estos cultivos sea un problema difícil de solucionar, determinadas prácticas culturales acentúan aún más las pérdidas de suelo, siendo el laboreo intensivo del terreno, que desagrega el suelo y destruye la cubierta vegetal, una de las principales causas aceleradoras de los fenómenos erosivos (Pastor y Guerrero, 1990; Castro, 1994).

Existen muy diferentes maneras para manejar el suelo pero es sabido que la reducción del laboreo disminuye las pérdidas de suelo, y que el mantenimiento de una cubierta vegetal sobre el terreno puede ser la solución más eficaz para luchar contra la erosión (Phillips y Phillips, 1986; Castro *et al.*, 1997). No obstante, uno de los principales inconvenientes de las cubiertas vivas en secano es su competencia por agua y nutrientes con el cultivo (Ingels y Klonsky, 1998). Como se ha observado en otros cultivos esta competencia puede reducir seriamente la producción (Zaragoza y Delgado, 1995). Sin embargo, en un ensayo en olivar, similar y situado muy próximo a éste, donde se mide el estado hídrico del suelo y la cosecha de frutos, se ha observado mayor penetración del agua en el suelo cubierto con cebada y mayor producción media de aceituna en tres años (Maluenda *et al.*, 2002).

En este trabajo hemos tratado de estudiar el control de las malas hierbas y el crecimiento de almendros jóvenes sometidos a distintas técnicas de mantenimiento del suelo a lo largo de tres años.

MATERIAL Y MÉTODOS

En una parcela de secano en suelo franco, situada en Calanda (Teruel), plantada con almendros (*Prunus amygdalus* Batsch) ('Guara'/GF677') de 3 años, a marco de 7x7, se ensayan desde hace tres años los siguientes sistemas:

1- Laboreo tradicional, a base de dos pases de cultivador en un sentido, y acercándose al máximo a los troncos.

2- No laboreo total, a base de tratamientos con los herbicidas siguientes:

En el primer año (1999): oxifluorfen 24% (2 l/ha) + pendimetalina 33% (4 l/ha). En 2000: orizalina 48% (4,6 l/ha) + isoxaben 50% (1,8 l/ha) + sulfosato 48% (4 l/ha). En 2001: oxifluorfen 24% (4 l/ha) + glufosinato 15% (5 l/ha). Estos tratamientos se realizaron en enero, y se repasaron con glifosato (36%) a 3-4 l/ha en julio-agosto, a la totalidad de la superficie de la parcela.

3- Laboreo integrado, a base de tratamientos herbicidas (como el 2) en bandas de 2 m de ancho bajo las copas y 3-4 labores superficiales en las calles o entrelíneas.

4- Cubierta vegetal, a base de tratamientos herbicidas (como el 2) en bandas de 2 m de ancho bajo las copas, y siembra de cebada en las calles (variedad 'Eva' a 200 kg/ha) en octubre-noviembre, y siega química a partir del 15 de abril con glufosinato 15% (5 l/ha).

El ensayo comenzó en 1999 y constaba de tres parcelas elementales de 14x28 m² con cuatro árboles (se miden los dos centrales) en una banda de 2 x28 m² y dos entrelíneas de 5x28 m² por cada sistema.

Se evaluó visualmente la cobertura del suelo por las malas hierbas en abril, julio y octubre de los años 1999, 2000 y 2001, así como la biomasa producida por la cebada en abril (1999, 2000, 2001), mediante corte y pesada de 12 muestras de 0,78 m² por parcela y medida anual del perímetro del tronco. Se ha estudiado la normalidad de los datos y se ha realizado el análisis estadístico con el Programa Systat 7.0

RESULTADOS

La flora infestante estaba compuesta principalmente por: *Diplotaxis erucooides*, *Convolvulus arvensis* y *Lolium rigidum* (abril 2000). *Amarantus blitoides*, *Salsola kali*, *Erodium ciconium*, *Kochia scoparia* (julio, 2000). *Erodium ciconium*, *C. arvensis*, *Polygonum convolvulus*, *A. blitoides*, *D. erucooides* (noviembre 2000). *Erodium ciconium*, *D. erucooides* (abril 2001).

La pluviometría fue de 377 mm de media. En 1999: 411 mm, en 2000: 523 mm, en 2001: 275 mm. La biomasa media (peso seco) producida por la cebada en abril de 1999 fue de 557 kg/ha, en 2000 fue de 1018 kg/ha y de 1564 kg/ha en abril de 2001 (73% de recubrimiento del suelo).

Figura 1. Control medio (%) de malas hierbas en ocho fechas (04/99-04/02) y distintos tratamientos según posición (L: línea bajo los árboles, C: calle o entrelínea).

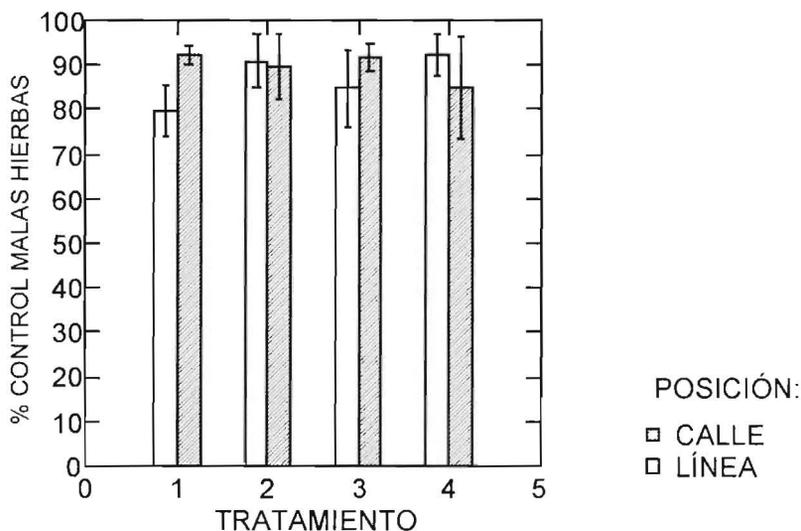
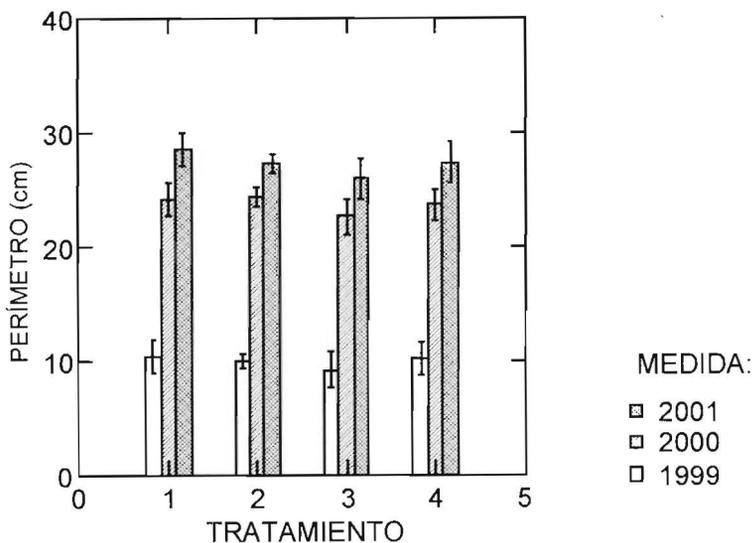


Figura 2.-Perímetro medio (cm) de los árboles según tratamientos en tres fechas (07/99, 07/00, 09/01).



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En cuanto al control de malas hierbas, hay que tener en cuenta que en la línea sólo el laboreo total es distinto a los demás: 2, 3 y 4 tienen el mismo tratamiento herbicida y las pequeñas diferencias observadas pueden deberse a la influencia de su calle respectiva. El control obtenido con el laboreo convencional (1) fue peor ya que, aunque se pasa el apero cerca de los troncos, siempre queda una zona sin labrar al pie de éstos.

Las calles se mantuvieron muy limpias en general, sin grandes diferencias entre los tratamientos. En (2) no laboreo, la eficacia fue la mejor en conjunto, pero variable según la temporada. En 2001 se observó aquí un aumento importante de *E. ciconium*, tolerante a los herbicidas residuales empleados. El (3) laboreo integrado, tuvo una eficacia similar a los dos sistemas anteriores, lógicamente, pues es una mezcla de ambos. En 1999 se observó una infestación muy fuerte de *A. blitoides*. La cubierta de cebada (4), mantiene las hierbas bajo control en primavera, llegando a veces su efecto hasta el otoño (2000), sin embargo, otras veces, cuando la cobertura es escasa, el rastrojo se infesta de especies estivales, de ahí su mayor variabilidad.

En cuanto al crecimiento de los almendros no se observaron diferencias significativas en el periodo estudiado, ni en el incremento de grosor del tronco entre 1999-2001, aunque habrá que seguir midiendo más años para ver si se mantiene este equilibrio. Además, y a partir de este año, se ha de controlar el rendimiento de almendra.

Es interesante ver que la cubierta de cebada, oportunamente segada, no ha competido tanto con el almendro como cabría suponer. Hay que tener en cuenta que la competencia puede controlarse reduciendo la anchura sembrada, alternando las calles sembradas con labradas o tratadas, o segando antes la cubierta vegetal. En este caso el problema sería conseguir suficiente materia seca, lo que es difícil por ser una zona semiárida, sujeta a una pluviometría escasa y variable.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTRO J. 1994. Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis Doctoral. ETSIAM. Universidad de Córdoba. 241 págs.
- CASTRO J., HUMANES M. D., PASTOR M. 1997. Resultado de un ensayo de sistemas de cultivo con cubierta vegetal (*Hordeum vulgare*) en olivar. Congreso 1997 de la Soc. Esp. de Malherbología. Valencia. 325-329.
- INGELS C. A., KLONSKY K. M. 1998. Historical And Current Uses. Chapter 1, 3-7. En: INGELS C. A., BUGG R. L., MCGOURTY G. T., CHRISTENSEN L. P. (Tech. Eds.) Cover Cropping in Vineyards. Univ. of California. Div. of Agriculture. Pub. 3338. 162 págs.
- MALUENDA C., CRESPO J., SAN NICOLÁS M., FERNÁNDEZ-CAVADA S., GALINDO J. M., GÓMEZ C., SOPEÑA J. M., ZARAGOZA C. 2002. Comparación de diferentes sistemas de mantenimiento del suelo en el olivar del bajo Aragón. Phytoma-España. (en prensa).
- PASTOR M. 1999. El agua y la erosión: parámetros determinantes del futuro del olivar. Rev. Agricultura, no. 808; 928-929.

- PASTOR M., GUERRERO A. 1990. Influence of no-tillage on olive grove production. *Acta Horticulturae*, 286: 283-286.
- PHILLIPS R. E., PHILLIPS S. H. 1996. Agricultura sin laboreo. Principios y Aplicaciones. Ed. Bellaterra. Barcelona.
- ZARAGOZA C., DELGADO I. 1996. Un ensayo de coberturas vegetales en viña. ITEA. Vol. extra 17: 404-405.

UN ENSAYO DE TRAMPEO MASIVO DE LA MOSCA DEL OLIVO CON ECO-TRAP

J. Crespo, M. A. San Nicolás, F. Villa ¹

J. A. Sasot ¹ J. Betrán ²

Centro de Protección Vegetal. OCA. Gobierno de Aragón.

B. Esteban s/n. 44600 Alcañiz (jcrespo@aragob.es)

¹) Centro de Técnicas Agrarias. Gobierno de Aragón. Apdo. 727. 50080 Zaragoza

²) Laboratorio Agroambiental. Gobierno de Aragón. Cra. Montañana, 930. 50016 Zaragoza

Resumen: La mosca del olivo (*Bactrocera oleae* Gmel.) provoca daños que afectan a la cantidad y calidad de los aceites. El objeto de este trabajo es evaluar el sistema de trampeo masivo con Eco-Trap (deltametrina 0,019% + dioxaspiro undecano 0,1% + bicarbonato de amonio 99,88%) contra la mosca del olivo, como alternativa a los tratamientos fitosanitarios convencionales. Se ha observado que con Eco-Trap hay una reducción significativa del nivel de capturas y si bien los daños son significativamente superiores a la zona convencional, estos se mantienen muy por debajo del umbral de tolerancia, por lo que se considera un sistema de lucha adecuado contra la mosca del olivo en programas de agricultura ecológica.

INTRODUCCIÓN

La mosca del olivo (*Bactrocera oleae* Gmel.), plaga endémica en el Bajo Aragón, puede provocar la caída prematura de los frutos y alterar la calidad de los aceites. En la actualidad, para el control de los adultos, se trata una rama con una mezcla de un insecticida y un atrayente alimenticio.

El objetivo del presente ensayo es comprobar la eficacia del trampeo masivo utilizando las trampas Eco-Trap como alternativa al tratamiento convencional.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Características del método. Trampas utilizadas

El método de trampeo masivo, consiste en atraer con feromona y atrayente alimenticio hacia la trampa y eliminar con insecticida a la población de adultos, machos y hembras de mosca del olivo.

El soporte de la trampa Eco-Trap (de la empresa griega Vioryl Chemical and Agricultural Industry Research, 36, Viltaniotis Str. 14565 Atenas) es una bolsa de cartón verde de 15x20 cm impregnada con 15 mgr de deltametrina. En su interior, contiene una bolsa de polietileno con 70 grs de bicarbonato de amonio, que actúa como atrayente alimenticio. Todo ello, se completa con un atrayente sexual de machos, en forma de cápsula de 1,7 dioxaspiro[5,5] undecano.

2. Descripción de la zona de tratamiento.

El ensayo se ha realizado en Calaceite, término municipal del Bajo Aragón (Teruel), donde el cultivo del olivo tiene especial importancia.

La zona de ensayo tiene unas 5 ha. A unos 200 m, una parcela de similares características y en la que se realizan tratamientos convencionales, sirve para evaluar-comparar los resultados. Entre ambas parcelas hay una parcela de olivos en la que no se realizan tratamientos.

3. Distribución de las trampas.

En la parcela del trapeo masivo, el 11 de julio, se procedió al reparto de trampas colocando una trampa cada dos olivos y reforzando el borde exterior con una trampa por olivo.

Se practicó un pequeño agujero en la parte superior de la bolsa y de la cápsula de feromona, para facilitar la difusión. Las trampas se colocaron en ramas orientadas al sur, en el interior del olivo y evitando que los brotes y hojas incidieran sobre las mismas.

La segunda aportación tuvo lugar el 6 de septiembre colocando las bolsas en los olivos que en la primera aportación habían quedado sin trampa.

4. Seguimiento de las poblaciones de adultos.

En la parcela de trapeo masivo, se colocó una trampa cromotrópica amarilla con feromona sexual y un mosquero McPhail cebado con fosfato biamónico al 4% por ha. De igual manera se procedió en la parcela convencional. El seguimiento se realizó cada semana.

5. Control de las poblaciones larvarias.

Tanto en la parcela de trapeo masivo, como en la convencional, se tomaron 200 olivas por ha cada semana para determinar el % de picada.

RESULTADOS

1. Capturas en trampas comotrópicas.

Existen diferencias altamente significativas (99%) entre la cantidad de mosca capturada sobre trampa cromotrópica en las parcelas de ensayo (trapeo masivo con Eco-Trap) con dos colocaciones (25 de junio y 10 de agosto) y las parcelas de cultivo convencional en las que se han efectuado cinco tratamientos en pulverización:

Cuatro por parcheo en las siguientes fechas: 16 y 30 de julio, 27 de agosto, 17 de septiembre

Uno en pulverización total el 15 de octubre de 2001.

Los resultados obtenidos son:

	Trapeo masivo	Trat. convencional	Significación
Medias	21,91	49,08	99%

2. Aceituna picada.

Existen diferencias altamente significativas entre la cantidad de aceituna picada en árbol entre las parcelas con trapeo masivo (Eco-Trap) y las parcelas de agricultura convencional que han recibido los tratamientos indicados anteriormente.

Las medias son:

	Trapeo masivo	Trat. convencional	Significación
Medias	2,90	0,74	99%

3. Capturas y picadas por fechas.

Existe una significación del 99% entre el tratamiento convencional y el trapeo masivo, considerando las distintas fechas y las variantes vuelo (capturas) y porcentaje de aceituna picada.

Tabla 1: Capturas.

Fecha	Signif.	Tratam.	Media	Rango	C.V. %
9 julio 01	*	Eco-trap	8,6	3 - 14	61,3
		Conv.	31,0	13 - 59	39,6
16 julio 01	**	Eco-trap	5,2	4 - 9	41,5
		Conv.	26,0	17 - 34	28,4
23 julio 01	*	Eco-trap	2,8	1 - 4	46,4
		Conv.	18,5	8 - 24	33,3
30 julio 01	**	Eco-trap	5,0	1 - 10	73,4
		Conv.	15,2	9 - 25	40,7
13 agosto 01	**	Eco-trap	2,2	1 - 4	49,5
		Conv.	8,0	5 - 12	40,0
20 agosto 01	*	Eco-trap	22,0	12 - 34	41,5
		Conv.	40,0	28 - 48	23,5
10 sept. 01	*	Eco-trap	30,0	12 - 56	62,5
		Conv.	63,0	52 - 86	22,1
17 sept. 01	**	Eco-trap	6,6	0 - 13	72,7
		Conv.	44,2	21 - 71	47,9
25 sept. 01	**	Eco-trap	4,0	1 - 9	86,5
		Conv.	20,0	11 - 35	46,8
1 octubre 01	*	Eco-trap	18,0	11 - 31	45,8
		Conv.	42,0	22 - 69	41,4
8 octubre 01	**	Eco-trap	64,2	52 - 71	22,3
		Conv.	133,8	104 - 177	22,3
15 octubre 01	*	Eco-trap	92,0	48 - 129	36,6
		Conv.	165,4	111 - 220	27,8
22 octubre 01	**	Eco-trap	56,6	24 - 79	36,0
		Conv.	121,2	91 - 173	36,0
29 octubre 01	*	Eco-trap	55,8	29 - 78	28,4
		Conv.	119,4	82 - 183	33,4
5 nov. 01	**	Eco-trap	9,2	2 - 19	78,8
		Conv.	87,4	53 - 152	44,9
12 nov. 01	**	Eco-trap	10,2	1 - 26	99,3
		Conv.	31,2	21 - 38	22,9

Tabla 2. Picadas

Fecha	Signif.	Tratam.	Media	Rango	C.V. %
16 julio 01	*	Eco-trap	0	0 - 0	-
		Conv.	0,5	0 - 1	70,7
27 agosto 01	*	Eco-trap	2,2	9,5 - 4,0	65,5
		Conv.	0,5	0 - 1	100
3 sept. 01	**	Eco-trap	2	1,5 - 2,5	17,7
		Conv.	0,5	0,0 - 2,0	173,2
10 sept. 01	**	Eco-trap	2,2	1,5 - 3,0	25,9
		Conv.	0,4	0 - 1	104,6
17 sept. 01	*	Eco-trap	1,5	0,5 - 2,5	62,4
		Conv.	0,3	0 - 0,5	91,3
25 sept. 01	**	Eco-trap	6,5	2,5 - 10	43,9
		Conv.	1,0	0 - 2,5	136,9
1 octubre 01	*	Eco-trap	6,5	2,5 - 12,5	58,3
		Conv.	1	0 - 5	223,6
8 octubre 01	**	Eco-trap	5,5	2,5 - 7,5	38,0
		Conv.	1	0 - 2,5	136,9
15 octubre 01	**	Eco-trap	8,2	5,0 - 12,5	36,6
		Conv.	2	0,0 - 2,5	55,9
25 octubre 01	**	Eco-trap	7,5	5 - 10	33,3
		Conv.	2	0 - 5	104,6
5 nov. 01	**	Eco-trap	6	5,0 - 7,5	22,8
		Conv.	1	0 - 2,5	136,9
12 nov. 01	*	Eco-trap	5	2,5 - 7,5	35,4
		Conv.	1,4	0 - 5	156,5

En las Tablas 1 y 2 presentamos únicamente los datos correspondientes a las fechas en las que se ha encontrado diferencia significativa entre los tratamientos Eco-Trap y convencional.

Los cuadros recogen las fechas, nivel de significación (95% (*) o al 99% (**)), la media de las 5 parcelas objeto de control en Eco-Trap y en convencional con sus respectivos rangos (datos extremos de cada muestreo) y por último el coeficiente de variación expresado en %.

Capturas

Expresadas en número de adultos y semana recogidos en trampa cromotrópica amarilla (Tabla 1).

Las capturas comienzan a ser significativamente diferentes desde el principio con medias que son sensiblemente menores en las parcelas de Eco-Trap que en las de tratamiento convencional, manteniéndose esta diferencia a lo largo de toda la campaña.

Los rangos en que se encuentran las medias obtenidas, son mucho más bajos y estables en las parcelas con Eco-Trap que en las de agricultura convencional.

La diferencia entre capturas de Eco-Trap y convencional comienza a ser más importante a partir del 1 de octubre y se mantiene hasta el final de la campaña.

Picadas

La cantidad de aceituna picada comienza a ser significativa, con un cierto retraso (15 días) con relación a la significación obtenida en las capturas (nivel de vuelo) reflejadas anteriormente (Tabla 2).

Con relación a las medias vemos que existen diferencias entre las obtenidas con Eco-Trap y las de agricultura convencional, considerando que en el primer caso, son muy bajas hasta mediados de septiembre, incrementándose a partir de esa fecha, desde la que permanecen casi constantes hasta el final de campaña. Los daños obtenidos podemos considerarlos bajos.

Las medias de daños en agricultura convencional son muy bajas a lo largo de toda la campaña. Igualmente podemos ver que los coeficientes de variación son mucho más bajos y estables en Eco-Trap que en agricultura convencional.

CONCLUSIONES

La cantidad de vuelo (capturas) que se registra en las parcelas protegidas con trampeo masivo es mucho menor que la obtenida en las de agricultura convencional.

Con relación a la interacción fecha – capturas, se aprecia un fuerte incremento en las capturas durante todo el mes de octubre en ambos tratamientos, y es en ese período donde la diferencia entre las capturas por uno y otro, es más importante. El daño por aceituna picada es significativamente inferior en agricultura convencional respecto al Eco-Trap, no obstante en este tratamiento los daños no han sido nunca superiores al 10%, nivel que se considera aceptable (debe tenerse en cuenta que en el tratamiento convencional la parcela recibió cinco tratamientos químicos).

Con relación a la evolución por fechas, vemos que dicho porcentaje se incrementa considerablemente a partir de mediados de septiembre en el tratamiento con Eco-Trap, manteniéndose más alto hasta el final de la campaña.

Teniendo en cuenta que el método de trampeo masivo con Eco-Trap es respetuoso con el medio ambiente y al no superarse el nivel de tolerancia, se considera un sistema adecuado en la lucha contra la mosca del olivo en programas de lucha que se desarrollen en agricultura ecológica.

AGRONOMIA SOSTENIBLE DE LOS CULTIVOS HERBACEOS

José Caveró Campo

Dpto. Genética y Producción Vegetal
Laboratorio Asociado de Agronomía y Medio Ambiente
Estación Experimental Aula Dei (CSIC)
Apdo. 202
50080 - Zaragoza

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, la innovación tecnológica en la agricultura ha permitido alimentar a una población que ha pasado de 2500 millones a más de 6000 millones de personas (FAOSTAT, 2002). Esto se ha conseguido principalmente por el aumento de los rendimientos de los cultivos, debido en gran parte al aumento en el uso de inputs en la agricultura. Así, en este periodo se ha multiplicado por cinco el número de tractores, se ha triplicado el área regada y se ha multiplicado por diez el uso de fertilizantes.

En el caso de la agricultura europea, en el momento actual se encuentra ante un doble reto. Por una parte, la tendencia hacia la liberación de los mercados de productos agrícolas ha dado lugar a una disminución de los precios percibidos por los agricultores, y sin embargo, los precios de los inputs han aumentado. En segundo lugar, existe una presión creciente de la sociedad para limitar las consecuencias negativas que algunas prácticas agrícolas tienen sobre el medio ambiente (contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y pesticidas, erosión, salinización, etc.).

Las previsiones de crecimiento de la población mundial indican que ésta podría alcanzar los 8000 millones hacia el año 2030. ¿Pueden los sistemas agrícolas actuales sostener una población de este tamaño y al mismo tiempo ser respetuosos con el medio ambiente?. En este trabajo se exponen algunas ideas al respecto, con especial referencia a la agricultura española del Valle del Ebro.

LOS SISTEMAS AGRICOLAS Y SU RELACION CON EL ENTORNO

Se pueden definir los sistemas agrícolas como ecosistemas en los que se manipulan la comunidad de plantas y su entorno para producir una serie de productos útiles para el hombre. Esta manipulación puede ser más o menos limitada dependiendo de las condiciones ambientales y de la capacidad productiva del ambiente en que se desarrollan las plantas. En un secano semiárido de Aragón la manipulación en un cultivo de cebada puede limitarse, además de las labores normales de preparación del terreno y siembra, a la aplicación de un abonado de fondo y la aplicación de un herbicida para el control de las malas hierbas de hoja ancha. En el norte de Europa, se aplican además varias coberturas de nitrógeno, dos o tres tratamientos herbicidas y algunos tratamientos fungicidas. Evidentemente el impacto sobre el entorno puede ser muy diferente en uno u otro caso.

CONCEPTO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE

La productividad, definida como la producción de productos útiles por unidad de superficie, y la estabilidad, que hace referencia al grado de variación de los rendimientos, son conceptos de

gran importancia en los sistemas agrícolas. La sostenibilidad es un concepto relativamente nuevo de gran importancia, que está relacionado con los anteriores.

La agricultura sostenible consiste en el manejo adecuado de los recursos agrícolas para satisfacer las necesidades cambiantes de la población, manteniendo o mejorando la calidad del medio ambiente y conservando los recursos naturales (TAC, 1989).

El crecimiento futuro de la población mundial requerirá una mayor productividad para alcanzar los objetivos de sostenibilidad, ya que la superficie de cultivo no podrá extenderse mucho más. Esta mayor productividad debe alcanzarse de tal forma que no se ponga en peligro la capacidad de la agricultura para alcanzar las necesidades futuras. Los objetivos de productividad se alcanzan a veces pensando en el corto plazo, lo que quizás no sea sostenible. Los esfuerzos para alcanzar los objetivos de la sostenibilidad deben tener en cuenta las implicaciones y necesidades en el largo plazo.

La agricultura de bajos inputs, que es defendida por algunos como una parte integral de la sostenibilidad, no debe considerarse como sinónima de sostenible. Aunque algunos consideran que el uso intenso de los inputs amenaza la sostenibilidad, otros indican que sin un uso intenso de los inputs el aumento de la productividad y los objetivos relacionados de sostenibilidad no pueden ser alcanzados. La investigación agrícola deberá dirigirse hacia desarrollar técnicas que optimicen los beneficios de usar los inputs y a la vez eviten, dentro de lo posible, las consecuencias indeseables, de su uso.

LOS CULTIVOS HERBACEOS EN LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

En España, los cultivos herbáceos ocupan el 77 % de los más de 14 millones de hectáreas cultivados en secano y el 68 % de los 3 millones de hectáreas cultivados en regadío. Los principales cultivos herbáceos en cuanto a superficie total de cultivo son la cebada, el trigo, el girasol, el maíz, la avena y los cereales forrajeros (Tabla 1). En regadío los cultivos más importantes son el maíz, la cebada, el trigo, el girasol, la alfalfa, la remolacha y el arroz.

Tabla 1. Superficie total y de regadío de los principales cultivos herbáceos. (MAPA, 2000)

Cultivo	Superficie total (ha)	Superficie de regadío (ha)
Trigo	1.912.560	206.566
Cebada	3.535.171	282.831
Avena	413.189	17.116
Maíz	459.146	421.586
Arroz	112.673	112.673
Garbanzos	104.769	2.405
Veza	191.178	5.262
Remolacha azucarera	149.489	117.742
Algodón	98.650	92.487
Girasol	1.047.725	197.869
Alfalfa	240.089	178.178
Patata	133.488	90.274
Cereales forrajeros	458.229	48.695
Praderas polifitas	355.241	44.841

En los sistemas agrícolas españoles es, en general, el agua el factor que más afecta a la productividad de los cultivos y a la estabilidad de los rendimientos. Dadas las condiciones de

pluviometría de muchas zonas de España, los rendimientos obtenidos en aquellas especies cultivadas principalmente en secano (trigo, cebada, girasol) son bajos y muy variables de año a año (Figura 1). Sin embargo, la intensificación de la agricultura ha llevado a un aumento progresivo de los rendimientos medios. En el caso de los cultivos de regadío, se observa una tendencia claramente creciente de los rendimientos a lo largo del tiempo en el caso del maíz, que refleja la intensificación del uso de los inputs llevada a cabo en este cultivo.

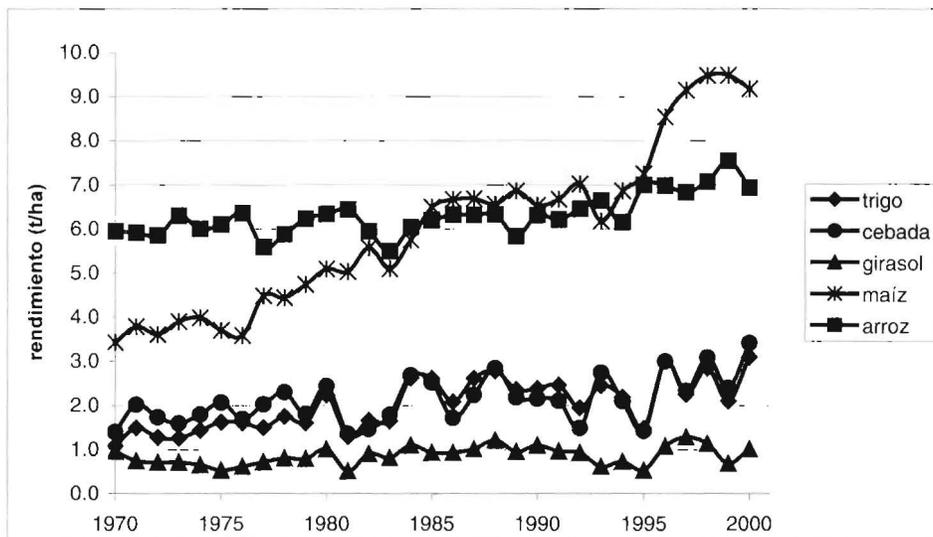


Figura 1. Rendimientos medios de los principales cultivos herbáceos en España.

AGRONOMIA SOSTENIBLE DE LOS CULTIVOS HERBACEOS EN CONDICIONES DE SECANO

En la agricultura de secano el agua disponible para un cultivo está constituida por el agua del suelo en el momento de la siembra más la lluvia que se reciba durante el período de cultivo. El uso eficiente de este recurso limitado se basa en la aplicación de unos pocos principios. El más básico es que la evapotranspiración está restringida a usar el agua disponible. Para conseguir aumentar el rendimiento en condiciones de limitada disponibilidad de agua se puede: maximizar el agua total disponible para los cultivos, maximizar la transpiración minimizando la evaporación directa desde el suelo, y utilizar cultivos que sean eficientes en el uso del agua.

El barbecho es una práctica común en la agricultura de secano pues permite acumular la lluvia de uno o varios años para el crecimiento de un solo cultivo. Puesto que también se acumula nitrógeno procedente de la mineralización de la M.O. y se puede reducir la incidencia de malas hierbas, plagas y enfermedades, se debe hacer un análisis cuidadoso para evaluar la respuesta de los cultivos al barbecho. Con el barbecho se consigue concentrar recursos limitados para un mejor aprovechamiento del cultivo. Sin embargo, el manejo del mismo, el uso del laboreo reducido, las características de los suelos, etc. influirán en su eficiencia y en la estabilidad de los rendimientos. Así, en un estudio realizado en zonas semiáridas de Aragón se ha podido constatar que la eficiencia del barbecho en cuanto a la conservación de agua en el suelo fue de menos de un 12 % (López y col., 1996). Austin y col. (1998) estimaron que en

las zonas más áridas del Valle del Ebro el barbecho incrementa el rendimiento de los cereales de invierno en un 7 % dada su baja eficiencia en la conservación de agua. Estos resultados ponen en entredicho la utilidad del barbecho desde el punto de vista de la conservación del agua en esta zona.

Otro aspecto importante que afecta a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas de secano es el tipo de laboreo ya que además de afectar a los costes de producción de forma considerable, influye en la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica y eólica. En las zonas más áridas de Aragón, se ha podido constatar que el no laboreo afecta negativamente al crecimiento de la cebada pues produce una mayor compactación del suelo, debida en parte al bajo nivel de residuos de cosecha (López y col., 1996; López y Arrue, 1997). Esta mayor compactación afecta negativamente al desarrollo y producción de este cultivo. Sin embargo, el laboreo reducido produjo rendimientos similares al laboreo convencional y reduce la susceptibilidad del suelo a la erosión eólica (López y col., 1998). Angás (2001) observó un menor rendimiento con el no laboreo debido a una mayor incidencia de plagas en la zona de Monegros. Sin embargo, en zonas más húmedas de la provincia de Lérida el no laboreo resultó favorable, especialmente en los años más secos (Angás, 2001).

La aplicación de cantidades moderadas de nitrógeno (50 kg N/ha) se ha mostrado como favorable para la producción de cereales de invierno en las zonas semiáridas del Valle del Ebro ya que induce un cubrimiento más rápido del terreno, de forma que una mayor parte del agua evapotranspirada es transpirada por el cultivo (Angás, 2001) y por lo tanto es aprovechada para la producción de los cultivos. Dosis mayores no aumentan los rendimientos e incluso pueden disminuirlos (Cantero-Martínez y col., 1995).

Un aspecto clave de la sostenibilidad de los cultivos herbáceos en condiciones de secano es el control de las malas hierbas (Fernández-Quintanilla y col., 1999). El barbecho y el laboreo tradicional con arado de vertedera son prácticas favorables ya que permiten reducir de forma importante las poblaciones de malas hierbas. El ahorro que supone el barbecho en el control de malas hierbas es una de las razones de su uso en estas zonas.

Hoy en día existe una amplia gama de herbicidas para el control de las malas hierbas en la mayor parte de los cultivos herbáceos. Sin embargo, la aparición de malas hierbas resistentes a algunos herbicidas de uso extendido (*Lolium rigidum* Gaud. – diclofop-metil, clortolurón, isoproturón; *Papaver rhoeas* L. – 2,4-D, tribenurón) está creando problemas considerables.

Una alternativa interesante a los cultivos herbáceos anuales (cereales de invierno, fundamentalmente) y probablemente la más sostenible en las zonas más áridas es el establecimiento de praderas y cultivos forrajeros (Delgado, 2000). Como este autor indica, este tipo de uso del terreno contribuye a la formación, conservación y recuperación del suelo agrícola, se ve favorecido por las deyecciones líquidas y sólidas del ganado y proporciona una alimentación a bajo coste para los ganados. Los problemas para la difusión de este uso del suelo no son tanto económicos como psicológicos (modificar los hábitos de los ganaderos, pasar de la producción de granos a la ganadería) y estructurales (ayudas a la producción de cereales grano, adaptación de las explotaciones a sistemas ganaderos con menor presencia del ganadero).

AGRONOMIA SOSTENIBLE DE LOS CULTIVOS HERBACEOS EN CONDICIONES DE REGADÍO

El riego permite disminuir las limitaciones a que da lugar una baja disponibilidad de agua en la producción de cultivos. El uso del agua alcanza sus mayores efectos en las regiones áridas y semiáridas del mundo (entre las que se encuentra gran parte de España) donde el largo periodo sin heladas y las fuertes insolaciones permiten alcanzar altos rendimientos.

El agua es un bien escaso en muchas zonas y, sin embargo, la baja eficiencia y baja uniformidad de los sistemas de riego son frecuentes en muchas zonas regables, lo cual además de tener efectos negativos sobre los cultivos, afecta negativamente al medio ambiente (lavado de nitratos y pesticidas, salinización). El uso eficiente del agua de riego es el factor clave en la productividad, estabilidad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas de regadío. Aspectos como el control de las malas hierbas son menos problemáticos que en condiciones de secano pues la rentabilidad de los cultivos en regadío permite más opciones de control y la rotación con mayor número de cultivos.

Uso eficiente del agua de riego

Para un uso eficiente del agua de riego es necesario en primer lugar conocer las necesidades de agua de los cultivos con la mayor exactitud posible. Ello requiere el disponer de datos meteorológicos medidos en alguna zona próxima a la del cultivo. En la actualidad en diversas zonas de España (Andalucía, Cataluña, Castilla – La Mancha, Murcia, Navarra) existen redes de estaciones meteorológicas. Es necesario que estas redes, que hoy en día están totalmente automatizadas, se extiendan por todas las zonas de regadío importantes de España pues serán un factor que con un bajo coste puede contribuir a utilizar eficazmente el agua de riego.

El sistema de riego, su diseño y las características de los suelos determinan de forma importante la eficiencia del uso del agua en las parcelas de los agricultores. En cultivos herbáceos los sistemas principales de riego son el sistema de riego por superficie, el riego por aspersión y el riego por goteo, por este orden. Los sistemas de riego por superficie sólo son eficientes en suelos de moderada a baja permeabilidad y con una buena capacidad de retención de agua. Los sistemas de riego a presión (aspersión y goteo) permiten alcanzar eficiencias del 80 – 90 % en cualquier tipo de suelos. Además, los sistemas de riego a presión permiten aplicar el agua de riego de forma más fraccionada y evitar el encostramiento de los suelos que dificulta la emergencia de cultivos como el maíz y el girasol.

En muchas zonas de España dedicadas a los cultivos herbáceos la gestión del agua de riego se realiza de forma comunitaria por agricultores que se organizan en Comunidades de Regantes, cuya superficie de riego varía entre varios cientos a varios miles de hectáreas. El uso eficiente del agua de riego depende en gran parte del manejo del agua dentro de dichas comunidades. La modernización de la gestión mediante el uso de programas informáticos que permitan la trazabilidad del agua de riego así como su reparto óptimo es un proceso que ha comenzado en los últimos años pero que deberá incrementarse (Playán y col., 2001) y que sin duda contribuirá a un uso más eficiente del agua.

Pérdidas de nitratos

Las pérdidas de agua y nitratos por debajo de las raíces de los cultivos son casi inevitables en el sistema de riego por inundación debido a su típica baja eficiencia y uniformidad. Sin embargo, los sistemas de riego por aspersión adecuadamente diseñados y manejados permiten aplicaciones del agua de riego más eficientes y uniformes, además de permitir fraccionar más

fácilmente el aporte del N mediante su aplicación a través del sistema de riego, minimizando así las pérdidas de agua y de nitratos (Power y col., 2000).

Salinización

Uno de los aspectos claves del riego es que aporta sales al suelo en cantidades mucho mayores que el agua de lluvia. La acumulación progresiva de estas sales en el suelo puede afectar negativamente tanto a los cultivos como a los suelos y es una de las causas principales de insostenibilidad de los sistemas agrícolas en algunas zonas. Por ello la práctica del riego requiere un adecuado manejo tanto del agua como de las sales.

El manejo del agua y las sales requiere una planificación a nivel de área de riego y a nivel de explotación agrícola. A nivel de área de riego las consideraciones a tener en cuenta serán la selección de las zonas de riego, el diseño del sistema de riego y el diseño del sistema de drenaje. Resulta inconcebible que se sigan planificando riegos sin un diseño adecuado de las redes de desagües y drenajes. A nivel de explotación se deberá considerar la programación del riego para cultivos individuales, la estrategia óptima de reparto del agua, una aplicación precisa y uniforme del agua a los cultivos y un drenaje adecuado.

Casos de estudio.

En un trabajo realizado en dos cuencas hidrológicas de la zona regable de Monegros II (Tabla 2) (Cavero y col., 2002) donde los cultivos se regaban exclusivamente por aspersión se observó un riego muy eficiente de los dos cultivos principales (maíz y alfalfa) en los que el índice de eficiencia del riego estacional (EUR), calculado como el porcentaje de la evapotranspiración menos la precipitación efectiva sobre el volumen de riego, estuvo próximo a 100. Sin embargo, hubo variabilidad entre las diversas parcelas, de forma que se regó en exceso (EUR < 85%) en un 17 % (cuenca D-IX, 1997), un 27 % (cuenca D-IX; 1998) y un 44 % (cuenca D-XI; 1998) de la superficie. El exceso de riego ocurrió sobretudo en Abril debido a los riegos excesivos para hacer nacer al maíz.

Cultivo	D-IX				D-XI	
	Abr.-Sept. 97		Oct. 97-Sept. 98		Oct. 97-Sept. 98	
	ha	t ha ⁻¹	ha	t ha ⁻¹	ha	t ha ⁻¹
Maíz	269	11,2	208	14,0	267	10,7
Alfalfa	72	18,2	97		156	14,8
Girasol	19	2,0	61		21	1,9
Cereales invierno	70	5,0	110		10	3,5
Guisantes y judías	0		0		16	
Sin cultivo	64		18		0	

Tabla 2. Área regada y rendimientos medios de los cultivos en las cuencas D-IX y D-XI de Monegros II.

La masa estimada de N aplicado en los fertilizantes y estiércoles varió entre 166 y 221 kg/ha durante el periodo de riego y entre 3 y 32 kg/ha en el periodo de no riego. El maíz recibió las mayores dosis de N fertilizante (media = 319 kg N/ha). La concentración de NO₃-N en el agua de drenaje fue alta, independiente del volumen de drenaje, y bastante similar en periodos de riego y de no riego (Tabla 3). La masa de NO₃-N exportada varió entre 18 (D-IX) y 49 (D-XI) kg/ha y año (Tabla 3), lo que representa solamente entre el 8 % (D-IX) y el 22 % (D-XI) del N aplicado en los fertilizantes y estiércoles.

Cuenca y periodo	D	NO ₃ -N	NO ₃ -N
	(mm)	(mg L ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
D-IX			
Riego Abr. 97-Sept. 97	74	26,3	19,4
No riego Oct. 97-Mar. 98	18	26,9	5,0
Riego Abr. 98-Sept. 98	30	29,2	8,9
No riego Oct. 98-Mar. 99	13	26,1	3,5
D-XI			
No riego Oct. 97-Mar. 98	89	28,1	24,2
Riego Abr. 98-Sept. 98	105	23,1	24,8

Tabla 3. Drenaje (D), concentración de NO₃-N y masa de NO₃-N en las aguas de drenaje de las cuencas D-IX y D-XI de Monegros II.

En un estudio similar en la zona regable de Bardenas (Causapé y col. 2002) (cuencas: D-XXX-3, 217 has, maíz (55%) y alfalfa (26%); D-XXV-3, 146 has, maíz (32%), alfalfa (16%), forrajes (13%); D-XIX-6, 94 has, maíz (47%), alfalfa (46%)), dónde el riego se realiza principalmente por inundación, la eficiencia del riego estuvo entorno al 50 %. La masa estimada de N aplicado a los cultivos fluctuó entre los 146 kg N/ha del D-XXV-3 y los 349 kg N/ha del D-XXX-3. Las dosis aplicadas al maíz variaron entre los 262 kg N/ha y los 495 kg N/ha. La concentración de NO₃-N en el agua de drenaje fue inferior a las observadas en las cuencas de Monegros debido al mayor volumen de drenaje (Tabla 4). La masa exportada varió entre 23 kg N/ha y año (D-XXV-3), cuenca en la que el 39 % de la superficie se regaba por aspersión y los suelos tenían mayor capacidad de retención de agua, y 195 kg N/ha y año (D-XXX-3) (Tabla 3), representando el 44 % (D-XIX-6), el 16 % (D-XXV-3) y el 56 % (D-XI) del N aplicado en los fertilizantes y estiércoles.

Cuenca	D	NO ₃ -N	NO ₃ -N
	(mm)	(mg L ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
D-XIX-6	756	13,09	98
D-XXV-3	496	4,74	23
D-XXX-3	1113	17,39	195

Tabla 4. Drenaje (D), concentración de NO₃-N y masa de NO₃-N en las aguas de drenaje de tres cuencas de Bardenas.

La comparación de los resultados obtenidos en las dos zonas regables muestran de forma clara que los sistemas de riego por aspersión bien diseñados y adecuadamente manejados permiten un uso eficiente del agua y del nitrógeno que difícilmente puede obtenerse con sistemas de riego por inundación si no se mejora su diseño o su gestión. Los aspectos claves para minimizar las pérdidas de nitrato son : a) incrementar la eficiencia de los sistemas de riego por inundación, b) cambiar a sistemas de riego a presión cuando los suelos tengan una baja capacidad de retención de agua, c) reducir las dosis de N aplicadas al maíz, d) fraccionar la aplicación del N en cobertera mediante fertirrigación, e) reusar las aguas de drenaje (práctica habitual en la zona de Bardenas).

CONSIDERACIONES FINALES

Los avances tecnológicos (agricultura de precisión, sistemas de riego automatizados, redes de estaciones meteorológicas, programas informáticos para la gestión del agua de riego y de los

cultivos, sensores del estado hídrico y nutricional de los cultivos, etc.) pueden posibilitar una mayor productividad de los sistemas agrícolas con un menor impacto sobre el medio ambiente, pero estos avances tecnológicos suponen, en definitiva, mayores inputs en la agricultura y en muchos casos mayores costes. La repercusión de estos avances será probablemente más importante en los sistemas agrícolas de regadío.

REFERENCIAS

- Angás, P. 2001. Análisis de la influencia de las técnicas de laboreo y fertilización nitrogenada sobre la dinámica del agua y el nitrógeno del suelo en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en las zonas áridas y semiáridas del Valle del Ebro. Agronomía y modelización. Tesis doctoral. ETSEA, Lérida.
- Austin, R.B., Cantero-Martínez, C., Arrúe, J.L., Playán, E., Cano-Marcellán, P. 1998. Yield-rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain. *European Journal of Agronomy*, 8: 239-248.
- Cantero-Martínez, C., Villar, J.M., Romagosa, I., Fereres, E. Nitrogen fertilization of barley under semi-arid rainfed conditions. *European Journal of Agronomy*, 4: 309-316.
- Cavero, J., Beltrán, A., Aragües, R. 2002. Nitrate exported in the drainage waters of two sprinkler irrigated districts. *ESA Congress, Cordoba*.
- Causapé, J., Isidoro, D., Quílez, D., Aragües, R. 2002. Water and nitrogen management in the irrigation district nº V of Bardenas (Zaragoza, Spain) and environmental impact on water resources. *ESA Congress, Cordoba*.
- Delgado, I. 2000. Los pastos, una posibilidad para el secano aragonés. *Naturaleza Aragonesa*, Junio: 46-51.
- FAOSTAT. 2002. *FAO Statistical Databases*. FAO, Roma.
- Fernández-Quintanilla, Garrido, M., Zaragoza, C. 1999. Control integrado de las malas hierbas: buenas prácticas agrícolas. *Phytoma España*, Valencia.
- López, M.V., Arrúe, J.L. 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil and Tillage Research*, 44: 35-54.
- López, M.V., Arrúe, J.L., Sánchez-Girón, V. 1996. A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón. *Soil and Tillage Research*, 37: 251-271.
- López, M.V., Sabre, M., Gracia, Arrúe, J.L., Gomes, L. 1998. Tillage effects on soil surface conditions and dust emission by erosion in semiarid Aragón (NE Spain). *Soil and Tillage Research*, 45: 91-105.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2000. *Anuario de estadística Agraria*. MAPA, Madrid.
- Playán, E., Cavero, J., Mantero, I., Salvador, V. 2001. Monitoring of irrigation systems: design criteria of a database for irrigation. En: *Appropriate modernization and management of irrigation systems*, O. Tekinel, Hamdi, A., Lamaddalena, N., (Eds.). IAMB-CIHEAM, Bari, Italia. pp. 299-340.
- Power, J.F., Wiese, R., Flowerday, D. 2000. Managing nitrogen for water quality - lessons from Management Systems Evaluation Area. *J. Environ. Qual.* 29: 355-366.
- Technical Advisory Committee of the Consultative Group on International Agricultural Research. 1989. *Sustainable agricultural production: implications for international agricultural research*. FAO, Roma.

EVALUACIÓN DEL LAVADO DE NITRATOS EN FUNCIÓN DE LA DÓISIS Y FRECUENCIA DE RIEGO EN UN CULTIVO DE TOMATE PARA INDUSTRIA

N. Vázquez, M. Quemada*, A. Pardo, M.L. Suso

Centro de Investigación y Desarrollo Agrario. Ctra. Mendavia – Logroño NA 134.
26071 Logroño.

* Dpto de Producción Vegetal: Fitotecnia. U.P. Madrid.

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo han sido evaluar el lavado de nitratos, optimizar el riego y reducir las pérdidas de nitrógeno en un cultivo de tomate de industria en riego por goteo y acolchado plástico en las condiciones del valle medio del Ebro. Para ello se establecieron en un suelo Xerochrept calcixerollico de la finca Valdegón (C.I.D.A., La Rioja) dos ensayos en los años 2000 (ensayo 1) y 2001 (ensayo 2).

En el ensayo 1 se compararon dos sistemas de manejo del suelo: desnudo (S1) y acolchado plástico (S2) y dos dosis de riego por goteo R1 y R2 ajustadas a la evapotranspiración del cultivo (ETc) de cada sistema, generándose cuatro tratamientos, S1R1 y S2R2 con las dosis de riego ajustadas a sus necesidades y S1R2 y S2R1 con las dosis de riego ligeramente excedentaria y deficitaria respectivamente. En el ensayo 2 se compararon cuatro sistemas de manejo del riego: riego tradicional con aportaciones masivas en trasplante y un riego diario en el cultivo en base a la ETc (T1R1), riego masivo en trasplante y alta frecuencia durante el cultivo del 80% de la ETc (T1R2), alta frecuencia en el trasplante y durante el cultivo del 100% de la ETc (T2R3) y alta frecuencia en el trasplante y durante el cultivo del 80% de la ETc (T2R2).

Para cuantificar el lavado de nitrato a 1 m de profundidad, se multiplicó el volumen de drenaje por la concentración de nitratos de la solución del suelo a esa profundidad. El drenaje se estimó midiendo el contenido de agua en el perfil del suelo semanalmente y resolviendo la ecuación de balance de agua del suelo. La solución del suelo a 1 m se extrajo con cápsulas de cerámica conectadas a cañas de vacío. Se calcularon el drenaje y las pérdidas de nitrato en dos fases del cultivo: trasplante y cultivo.

En el ensayo 1, los valores del drenaje sobre el total de agua aplicada, representaron el 24,9% en S1R1, 32,3% en S1R2, 29,6% en S2R1 y 31,6% en S2R2. Las pérdidas de nitrógeno sobre el inicial más el aportado en la fertilización fueron del 62,8; 91,4; 59,0 y 43,5% respectivamente. Más del 65% de las pérdidas se produjeron en la fase de trasplante. En los tratamientos de aporte masivo de agua en la fase de trasplante del ensayo 2, se ha aplicado el 26% (T1R1) y 31% (T1R2) del total de agua de riego frente al 15% (T2R3) y 17% (T2R2) en los tratamientos de riego de alta frecuencia. En el periodo de cultivo el riego tradicional (en forma de un riego diario) drenó un 16% del agua de lluvia y del riego, mientras que los riegos de alta frecuencia al 80% de la ETc no se obtuvo un drenaje significativo. El lixiviado de nitrógeno en la fase de trasplante constituyó el 73% del nitrógeno lavado en T1R1 y prácticamente la totalidad en el resto.

Las mayores pérdidas de agua y nitrógeno ocurrieron en la fase de trasplante. Aumentar la frecuencia de riego permitió reducir la aportación de agua manteniendo la producción y optimizando el uso de agua y nitrógeno. Se discute el valor de los coeficientes Kc en los sistemas con acolchado plástico.

Palabras clave: *Lycopersicon sculentum*, riego por goteo, acolchado plástico.

SUMMARY

INFLUENCE OF IRRIGATION DOSE AND FREQUENCY IN NITRATE LEACHING IN CROP PROCESSING TOMATO

The objective of this study was to evaluate nitrate leaching, to optimise water use and to reduce nitrate leaching in tomato cropped with drip irrigation and plastic mulch, and following the management techniques of the medium Ebro valley. To achieve our goal we conducted in Valdegón (La Rioja), over a Xerochrept calcixerollic soil two fields experiments in 2000 (experiment 1) and 2001 (experiment 2) years with tomato cv. Brigade.

In the experiment 1 tomato was cultivated under two different management techniques: bare soil (S1), and plastic mulch (S2), and two different water doses of drip irrigation: R1 and R2, both estimated from the crop evapotranspiration (ETc) calculated for each soil management technique. Therefore, we had two treatments where the irrigation dose was adjusted to crop needs, S1R1 and S2R2, one treatment with water limitation, S2R1, and one treatment that received excess of water. In the experiment 2 tomato was cultivated under four different irrigation strategies: large dose at planting followed by daily irrigation equal to the ETc during the cropping period (T1R1), large dose at planting followed by daily irrigation equal to the 80% ETc (T1R2), reduced dose and high frequency at planting followed by high frequency during the cropping period (T2R3 if water applied was 100% ETc, and T2R2 if it was 80% ETc).

To evaluate nitrate leached to 1 m depth, the drainage volume was multiplied by the nitrate concentration of the soil solution at that depth. Drainage was calculated by weekly measuring the water content of the soil profile and applying the water balance equation. The soil solution at 1 m depth was extracted by porous ceramic cups and was analysed for nitrate. Drainage and nitrate leaching were evaluated for two different crop periods: planting, and cropping.

In the experiment 1, cumulative drainage accounted for 24,9% of total water applied for S1R1, 32,3% for S1R2, 29,6% for S2R1 and 31,6% for S2R2. Nitrate leaching was 62,8% of the initial plus the applied as fertilizer for S1R1, 91,4 for S2R1, 59,0 for S2R1 and 43,5 for S2R2. The larger water and nitrate losses took place during the period of planting.

Most of the water applied at planting in the experiment 2, was lost by percolation, probably due to the high soil permeability. During the cropping period, cumulative drainage accounted for 16% of total water applied for T1R1, while it was not relevant for the other treatments. Nitrate leaching for all treatments was only significant during the planting period, except for T1R1 were 27% of the total nitrate leached took place during the cropping period. Increasing frequency irrigation allowed to reduce water application, maintaining yield and optimising water and nitrogen use.

The Kc values in mulched crop systems are discussed.

Key words: *Lycopersicon sculentum*, drip irrigation, plastic mulch.

INTRODUCCIÓN

El uso del riego localizado y del acolchado con plástico negro es una técnica cuyo uso se ha incrementado notablemente en los últimos años en los cultivos hortícolas al aire libre del valle del Ebro. En algunos cultivos, como el tomate de industria en Navarra, se aplica en más del 80% de la superficie. El acolchado plástico es una técnica antigua, muy extendida en la producción hortícola entre cuyos efectos caben destacar el incremento de la temperatura del suelo así como el aumento de la precocidad

y producción (Tarara, 2000). Otra técnica ampliamente utilizada en el cultivo de hortalizas es el riego localizado (Hartz, 1996), habiendo sido descritos sus efectos sobre el tomate de industria por Prieto *et al.* (1998) y Pardo *et al.* (2001). El acolchado plástico potencia las ventajas del riego localizado; el riego por goteo y acolchado en tomate de industria proporciona una mejor eficiencia en el uso del agua, pero su manejo ha de contemplarse en función de las características del suelo (Pardo *et al.*, 2001).

Además en el riego por goteo se pueden suministrar nutrientes disueltos en el agua, con lo que se permite su distribución uniforme en el tiempo y en el espacio. De esta forma, se puede reducir el uso de fertilizantes mejorando la calidad del agua drenada (Hartz y Hochmuth, 1996).

Las prácticas habituales en los cultivos hortícolas de trasplante en el valle del Ebro que utilizan sistemas de riego por goteo y acolchado plástico, consisten en la aplicación de riegos masivos en la fase del trasplante. Se trata de riegos excedentarios destinados a humectar la parte superior del perfil del suelo y asegurar de esta forma la supervivencia de las plántulas. Una vez asegurada ésta, el cultivo se mantiene mediante riegos de frecuencia entre uno y dos días hasta poco antes de la recolección. La mayor parte de la superficie del cultivo de tomate para industria se realiza actualmente con estas técnicas.

Con el fin de estudiar este sistema de cultivo y optimizar la aplicación de agua y nutrientes de modo que permita mejorar las pautas de manejo a los usuarios, se estableció un ensayo en el año 2000 para evaluar el lavado de nitratos en un cultivo de tomate en riego por goteo y acolchado plástico y otro ensayo en el año 2001 para optimizar el riego y reducir las pérdidas de nitrógeno en este sistema de cultivo, a través de un manejo más adecuado de la frecuencia y dosis de riego.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se han realizado durante los años 2000 y 2001 en la finca del CIDA en Valdegón, situada en el valle del Ebro, con la capa freática a una profundidad superior a cuatro metros. Las características más relevantes del suelo, clasificado como Xerochrept calcixerollico (franco-guesa, mezclada, mésica), aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1- Propiedades físico-químicas del suelo.

Arena (2,0 – 0,02 mm) (%)	9	pH (1:2,5)	8,1
Limo (0,02 – 0,002 mm) (%)	43	C.E. (mSxcm ⁻¹)	0,3
Arcilla (< 0,002 mm) (%)	48	Humedad 0,3 bar (%)	30
Textura I.S.S.S.	Arcilloso fina	Humedad 15 bar (%)	18
M.O. oxidable (%)	1,8	Permeabilidad (cmxh ⁻¹)	4

Ensayo 1

En el año 2000 y en un cultivo de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) var. Brigade, se compararon dos sistemas de manejo del suelo, desnudo (S1) y acolchado con plástico negro (S2) y dos dosis de riego diferentes calculadas en función de la ETC del cultivo en ambos sistemas como se presenta en el cuadro 2. Una información más detallada sobre los volúmenes de agua aplicados aparecen en los cuadros 9 y 11.

Siguiendo las técnicas agronómicas habituales en la zona, en los períodos trasplante se realizaron riegos masivos de 20 h para humectar el perfil superior del suelo.

El trasplante se realizó el 16 de Mayo a una densidad de 33.333 plantas/ha, en mesetas de 1 m, separadas 1,5 m entre ejes. La parcela elemental constaba de cuatro mesetas de 30 m de longitud. El plástico utilizado fue PE negro de 0,015 mm de espesor y 1,20 m de anchura. La cinta de goteo con emisores cada 0,2 m y un caudal unitario de 1 lh^{-1} a 0,55 bar.

La fertilización consistió en la aplicación de 110-120-180 kg ha^{-1} de NPK. En fondo se aplicaron a todas las parcelas 60-120-180 kg ha^{-1} de NPK en forma de complejo 9-18-27. En cobertera se aplicaron 50 kg ha^{-1} de N en forma de fertilizante líquido N32, realizándose seis aplicaciones semanales a partir de la cuarta semana desde el trasplante.

La recolección del tomate se realizó cuando se había alcanzado aproximadamente el 80% de frutos maduros, cosechándose 10 m de longitud (15 m^2) en la línea central. Se controló la producción total y comercial. En el suelo acolchado la recolección se efectuó el 7/09 y en suelo desnudo el 15/09/2000.

Ensayo 2

En el año 2001 y utilizando la misma especie y variedad con acolchado plástico negro y riego localizado por goteo, se ensayaron los tratamientos de riego que se presentan en el cuadro 2, siendo el T1R1 el correspondiente a la práctica habitual en la zona y equivalente al tratamiento S2R2 del ensayo 1. Una información más detallada sobre los volúmenes de agua aplicados aparecen en los cuadros 10 y 12. El trasplante se realizó el 17 de Mayo con un diseño similar al presentado en el ensayo 1.

La fertilización consistió en la aplicación de 50-190-90 kg ha^{-1} de NPK teniendo en cuenta la fertilidad existente en el suelo. En fondo se aplicaron a todas las parcelas 0-190-90 kg ha^{-1} de NPK en forma de complejo 0-14-7. En cobertera se aplicaron 50 kg ha^{-1} de N de modo similar al ensayo 1.

La recolección del tomate se realizó cuando se había alcanzado aproximadamente el 80% de frutos maduros (29/08/2001), cosechándose tres parcelas de 5 m de longitud ($7,5 \text{ m}^2$) en las dos líneas centrales. Se controló la producción total y comercial. El nitrógeno absorbido por la planta se calculó como la suma del absorbido en frutos, hojas y tallos, siendo éste el resultado de multiplicar la concentración de nitrógeno determinado por Kjeldahl (AOAC, 1990) en cada una de las partes de la planta, por la materia seca producida.

La ET_0 en ambos ensayos fue calculada por el método de FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1994). La evapotranspiración del cultivo, ET_c , se ha calculado diariamente a través de la expresión: $ET_c = K_c \times ET_0$. Los coeficientes de cultivo K_c utilizados en ambos ensayos aparecen en el cuadro 3 y para su aplicación fueron corregidos en función de la velocidad del viento, la humedad relativa mínima y la altura de la planta; se ha realizado una corrección en función de la fracción de suelo mojada y debido a la presencia del acolchado se han considerado los coeficientes basales, según la propuesta de Allen *et al.* (1997), Pereira *et al.* (1998) y Luc (1998). Se ha considerado la lluvia útil aquella superior a 10 mm en sucesos aislados o superior a 15 mm en períodos de tres días. A efectos de programación del riego se ha utilizado un tercio del valor de la lluvia útil (Luc, 1998).

El corte del riego se produjo 11 y 7 días antes de la recolección en los sistemas con suelo desnudo y acolchado respectivamente (ensayo 1). En el ensayo 2 el corte del riego se produjo 8 días antes de la recolección. La eficiencia en el uso del agua se

cálculo como la relación entre la cosecha comercial obtenida y el volumen de agua aportado (riego más lluvia).

Cuadro 2.- Tratamientos de riego aplicados al cultivo de tomate.

a) Ensayo 1

Trat.	Manejo del suelo	Fase de trasplante	Fase de cultivo
S1R1	Desnudo	Riegos masivos (20 horas)	1 riego diario al 100% de la ETc para suelo desnudo.
S1R2	Desnudo	Riegos masivos (20 horas)	1 riego diario al 100% de la ETc para suelo acolchado (excedentario).
S2R1	Acolchado	Riegos masivos (20 horas)	1 riego diario al 100% de la ETc para suelo desnudo (deficitario).
S2R2	Acolchado	Riegos masivos (20 horas)	1 riego diario al 100% de la ETc para suelo acolchado.

b) Ensayo 2 (Todos los tratamientos con suelo acolchado)

Trat.	Fase de trasplante	Fase de cultivo
T1R1	Riegos masivos (8 a 10 horas)	1 riego diario al 100% de la ETc
T1R2	Riegos masivos (8 a 10 horas)	Riego de alta frecuencia (4 a 8 riegos diarios) al 80% de la ETc
T2R3	Riegos de alta frecuencia (8 riegos diarios de 15 minutos)	Riego de alta frecuencia (4 a 8 riegos diarios) al 100% de la ETc.
T2R2	Riegos de alta frecuencia (8 riegos diarios de 15 minutos)	Riego de alta frecuencia (4 a 8 riegos diarios) al 80% de la ETc.

En cada una de las parcelas se instalaron seis tubos hasta 1 m de profundidad para el acceso de una sonda TDR. Los tubos se colocaron transversalmente a la línea de goteo en una anchura de 1,25 m y separados 0,25 m entre sí. Las medidas se realizaron semanalmente y con los datos obtenidos se ha cuantificado la variación de la reserva (VR) de agua en el suelo en el periodo estudiado.

Así mismo se instalaron seis cañas de vacío por parcela (Lord y Shepherd, 1993), provistas de una cápsula cerámica para la recogida de muestras de solución del suelo a 1 m de profundidad. Tres de ellas estaban situadas en la línea de goteo y las otras tres en una línea paralela a la misma a 0,75 m, en el centro de la calle. Semanalmente se recogió la solución del suelo y se analizó su contenido en nitratos por colorimetría, previa reducción en columna de cadmio (Keeney y Nelson., 1982).

Cuadro 3.- Coeficientes de cultivo (Kc) aplicados al cultivo de tomate en riego por goteo con suelo desnudo y suelo acolchado.

Estado de desarrollo del cultivo	Suelo desnudo	Suelo acolchado
Trasplante-10% suelo cubierto	0,15	0,15
10-30% suelo cubierto	0,30	0,30
30-50% suelo cubierto	0,60	0,55
50-80% suelo cubierto	1,00	0,90
80% sc-10% frutos maduros	1,20	1,10
10-50% frutos maduros	1,05	1,00
50-80% frutos maduros	0,75	0,70

Al inicio y al final del ensayo se realizó un perfil de contenido de nitratos y amonio del suelo en 1 m de profundidad, tomándose las muestras cada 0,2 m. Se realizó un extracto con CIK 1 M y se analizó el contenido en nitratos por colorimetría, previa reducción en columna de cadmio (Keeney y Nelson, 1982).

Para el cálculo de los balances de agua y nitrógeno se ha dividido el cultivo en dos fases. La fase de trasplante, hasta el 6 de junio en el ensayo 1 y hasta el 24 de mayo en el ensayo 2, y la fase de cultivo desde estas fechas hasta la recolección. Se ha realizado un balance de agua en el suelo hasta 1 m de profundidad según la expresión:

$$P+R = ETc \pm VR + D$$

donde P es la precipitación, R el agua aplicada en el riego, ETc la evapotranspiración del cultivo calculada, VR es la variación de la reserva de agua en el suelo y D es el drenaje.

El lavado de nitrato por debajo de 1 m., se ha calculado multiplicando el drenaje estimado (según la ecuación anterior) por la concentración media de nitratos de cada periodo en la solución del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de la cosecha más representativos del ensayo 1, aparecen en el cuadro 4. La producción en los sistemas con acolchado fue superior debido principalmente al mayor número de frutos, aunque de menor tamaño. Estos resultados son similares a los obtenidos en un trabajo anterior (Pardo *et al.*, 2001).

En el ensayo 2, todos los tratamientos se mostraron más productivos que el considerado como práctica habitual en la zona (T1R1) dentro de una escala de rendimientos muy elevada (Cuadro 5). Las diferencias significativas en la producción comercial son atribuibles al mayor número de frutos por m² y el tratamiento habitual en la zona, con una única aplicación diaria de riego, presentó el menor número de frutos aunque de mayor tamaño. Por tanto los tratamientos de alta frecuencia en el trasplante y el fraccionamiento del riego durante el cultivo, incluso con una reducción del aporte de agua equivalente al 80% de la ETc, han sido suficientes para asegurar el arraigo de las plantas, al igual que los riegos masivos, y obtener las mayores producciones y eficiencias en el uso del agua (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 4. Resultados de la cosecha de tomate var. Brigade en el ensayo 1 (año 2000).

Parcela	Comercial t/ha	No comercial t/ha	Peso fruto comercial g/fruto	Nº frutos comerciales frutos/m ²
S1R1	104,2	26,3	65,7	159
S1R2	109,0	40,1	66,0	165
S2R1	113,5	27,7	59,8	190
S2R2	127,3	46,8	61,2	208

Cuadro 5. Resultados de la cosecha de tomate var. Brigade en el ensayo 2 (año 2001).

Parcela	Comercial t/ha	No comercial t/ha	Peso fruto comercial g/fruto	Nº frutos comerciales Frutos/m ²
T1R1	112,9 b	32,3	67,1 a	168 b
T1R2	126,7 ab	31,2	58,7 b	216 a
T2R3	134,0 a	41,7	62,6 b	214 a
T2R2	121,5 ab	29,0	60,0 b	203 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada columna según la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 6.- Eficiencia del uso del agua en los diferentes sistemas de cultivo.

Parcela	Eficiencia en el uso del agua kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹	Parcela	Eficiencia en el uso del agua kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹
S1R1	123,7	T1R1	158,1
S1R2	117,1	T1R2	201,4
S2R1	152,8	T2R3	211,6
S2R2	161,1	T2R2	226,4

El contenido de nitrato del suelo en todas las parcelas del ensayo 1, era muy elevado al inicio del experimento (Cuadro 7), a pesar de lo cual se aplicó fertilización mineral nitrogenada para reproducir las técnicas agronómicas de la zona. Al final del ensayo el contenido de nitrato del suelo disminuyó drásticamente. Las pérdidas de nitrato por lixiviación expresadas como porcentaje del inicial más el N mineral aportado en la fertilización fueron del 62,8% en S1R1, 91,4% en S1R2; 59,0% en S2R1 y 43,5% en S2R2.

Los resultados del balance global de nitrógeno durante el período completo de cultivo en el ensayo 2, aparecen en el cuadro 8. El lavado de nitratos, muy elevado en el caso del riego tradicional (T1R1), se redujo casi en dos tercios mediante la utilización de riegos de alta frecuencia en las dos fases del cultivo y reducción de la dosis durante el cultivo (T2R2). El contenido de nitrógeno en forma amoniacal en el suelo fue similar

al inicio y al final del ensayo, mientras que el contenido en nitrato disminuyó considerablemente. Al comparar las salidas de N del sistema (absorbido por planta más lixiviado) con el N aplicado como fertilizante más la variación de reserva en el suelo, se deduce que el suelo aportó una gran cantidad de N por mineralización. Este hecho, observado en el ensayo 1 hizo que no se aplicase fertilización nitrogenada de fondo en el ensayo 2.

Aunque no se determinó el N en la planta en el ensayo 1, un balance del mismo teniendo en cuenta las extracciones observadas en el ensayo 2, justificaría la fuerte disminución del contenido en N-NO₃ desde el inicio al final del cultivo. La alta mineralización de nitrógeno en estos suelos relativamente ricos en materia orgánica, se ve estimulada por las elevadas temperaturas bajo acolchado plástico (Tarara, 2000) y por las óptimas condiciones de humedad que proporciona el riego localizado.

Cuadro 7. Contenido inicial y final de N-NO₃ y N-NH₄ (kg/ha) en el perfil del suelo hasta 1 m de profundidad y pérdidas por lixiviación en los diferentes sistemas de cultivo. Ensayo 1.

Parcela	Fertilizante kg N/ha	Inicial		Final		Lixiviado N-NO ₃ kg/ha
		N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	
S1R1	110	814 ± 236	31 ± 10	29 ± 7	24 ± 2	580
S1R2	110	814 ± 236	31 ± 10	43 ± 14	28 ± 5	844
S2R1	110	814 ± 236	31 ± 10	43 ± 12	28 ± 9	545
S2R2	110	814 ± 236	31 ± 10	148 ± 80	19 ± 1	402

Cuadro 8. Contenido inicial y final de N-NO₃ y N-NH₄ (kg/ha) en el perfil del suelo hasta 1 m de profundidad y pérdidas por lixiviación en los diferentes sistemas de cultivo. Ensayo 2.

Parcela	Fertilizante kg N/ha	Inicial		Final			Lixiviado N-NO ₃ kg/ha
		N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	N-NO ₃ kg/ha	N-NH ₄ kg/ha	N-planta kg/ha	
T1R1	50	116 ± 7	18 ± 8	37 ± 35	15 ± 4	445 ± 58	135 ± 56
T1R2	50	116 ± 7	18 ± 8	57 ± 51	17 ± 6	423 ± 40	111 ± 49
T2R3 [†]	50	116 ± 7	18 ± 8	32 ± 8	19 ± 2	441 ± 100	--
T2R2	50	116 ± 7	18 ± 8	34 ± 23	18 ± 3	437 ± 28	51 ± 32

[†] No fue posible establecer el balance debido a un problema técnico con el riego.

Los resultados obtenidos de la aplicación del balance de agua y pérdidas de nitrógeno en la fase de trasplante aparecen en los cuadros 9 y 10 respectivamente.

En la fase de trasplante del ensayo 1, se trató de asegurar, mediante riegos masivos por goteo, según las prácticas habituales de la zona, el mejor arraigo de las plantas. En ella se superaron ampliamente las necesidades y se incrementó la reserva de agua del suelo. En todos los tratamientos el volumen del drenaje fue muy importante y

también el lavado de nitrógeno que osciló entre el 65,3 y el 100 % del lixiviado total (Cuadros 7 y 9).

En los tratamientos de aporte masivo de agua en la fase de trasplante del ensayo 2, se aplicó el 26% (T1R1) y 31% (T1R2) del total de agua de riego, frente al 15% (T2R3) y 17% (T2R2) en los tratamientos de riego de alta frecuencia (Cuadro 10). El lixiviado de nitrógeno siguió la pauta del agua drenada. En esta la fase se lixivió el 73% del nitrógeno lavado en el sistema tradicional (T1R1) y prácticamente la totalidad en los sistemas de alta frecuencia (Cuadro 10).

Cuadro 9. Balance de agua hasta 1 m de profundidad y lixiviado de nitrógeno en los diferentes sistemas de cultivo del tomate durante el período de trasplante. Ensayo 1.

Parcela	Riego mm	Lluvia mm	ETc mm	VR mm	Drenaje mm	N-NO ₃ lixiviado kg/ha
S1R1	219,5	80,6	67,8	37,2	195,2	559
S1R2	215,2	80,6	67,8	42,4	185,6	551
S2R1	209,1	80,6	32,6	37,4	219,7	545
S2R2	206,6	80,6	32,6	33,8	228,8	343

Cuadro 10. Balance de agua hasta 1 m de profundidad y lixiviado de nitrógeno en los diferentes sistemas de cultivo de tomate durante el periodo de trasplante. Ensayo 2.

Parcela	Riego [†] mm	Lluvia mm	ETc mm	Drenaje [†] mm	N-NO ₃ lixiviado kg/ha
T1R1	160,6	4,2	13,8	84,1	99 ± 73
T1R2	162,4	4,2	13,8	86,3	111 ± 49
T2R3	78,8	4,2	13,8	23,1	18 ± 9
T2R2	73,9	4,2	13,8	24,9	51 ± 32

[†] El riego se inició el día 13 de mayo y la cuantificación del drenaje el día 18 de mayo.

A lo largo del período de cultivo el agua aportada se ajustó estrechamente a las previsiones del ensayo 1, de modo que la relación [(Riego+Lluvia)/ETc] osciló entre 0,9 y 1,2 (Cuadro 11). Hubo una disminución de la reserva de agua del suelo y una disminución del drenaje salvo en el tratamiento S1R2 de riego excedentario. Consecuentemente el nitrógeno lixiviado descendió a porcentajes del 0 al 34,7% del total (Cuadros 7 y 11). La disminución de la reserva de agua del suelo se produjo principalmente a causa del corte de riego realizado días antes de la cosecha.

En el periodo de cultivo del ensayo 2, el riego tradicional (T1R1) drenó un 16% del agua de lluvia y del riego, mientras que en los riegos de alta frecuencia al 80% de la ETc no se obtuvo un drenaje significativo (Cuadro 12). El lixiviado de nitrógeno siguió la pauta del agua drenada. En la fase de cultivo se lixivió el 27% del nitrógeno lavado

en el sistema tradicional (T1R1) y no hubo lixiviado en los sistemas de alta frecuencia (Cuadro 12).

Cuadro 11. Balance de agua hasta 1 m de profundidad y lixiviado de nitrógeno en los diferentes sistemas de cultivo del tomate durante el período de cultivo. Ensayo 1.

Parcela	Riego mm	Lluvia mm	ETc mm	VR mm	Drenaje mm	N-NO ₃ Lixiviado kg/ha
S1R1	487,1	55,0	551,5	-24,1	14,7	21
S1R2	580,0	55,0	548,7	-28,5	114,8	293
S2R1	398,6	54,4	514,9	-30,4	0,0	0
S2R2	448,6	54,4	514,1	-39,7	28,6	58

Cuadro 12. Balance de agua hasta 1 m de profundidad y lixiviado de nitrógeno en los diferentes sistemas de cultivo de tomate durante el período de cultivo. Ensayo 2.

Parcela	Riego mm	Lluvia mm	ETc mm	VR mm	Drenaje mm	N-NO ₃ lixiviado kg/ha
T1R1	452,4	94,4	465,7	-7,5	88,6	36 ± 42
T1R2	365,4	94,4	477,9	-6,3	0	0
T2R3 [†]	--	--	--	--	--	--
T2R2	361,6	94,4	478,6	-8,0	0	0

[†] No fue posible establecer el balance debido a un problema técnico con el riego.

Por lo tanto, podemos concluir que durante la fase de trasplante del ensayo 1, se produjo el mayor drenaje y lixiviado de nitratos. Como se ha indicado en esta fase se pretende crear un horizonte húmedo en la superficie del suelo, de forma que quede asegurada la disponibilidad de agua para las plántulas. En suelos de buena permeabilidad, como son los de este ensayo, esta práctica implica la humectación de buena parte del perfil edáfico y el drenaje del agua aplicada en exceso. En consecuencia, se favorece el lavado de los nitratos almacenados en el perfil y de aquellos que se aplicaron en el abonado de fondo, impidiendo su utilización por el cultivo y deteriorando la calidad del agua drenada. El volumen drenado se redujo considerablemente aumentando la frecuencia y disminuyendo la dosis en el ensayo 2 sin riesgo para la supervivencia de las plántulas. Aún así en esta fase se lixivió la mayoría del Nitrógeno.

Durante el período de cultivo, el drenaje en el ensayo 1 se redujo considerablemente, llegando a ser nulo en el tratamiento S2R1, considerado como deficitario. Esta tendencia se acentuó en los tratamientos de alta frecuencia del ensayo 2. En ellos el drenaje por debajo de 1 m disminuyó hasta desaparecer manteniéndose en el riego tradicional (T1R1).

Teniendo en cuenta que en riego por goteo y acolchado el sistema radicular del tomate difícilmente explora más allá de 0,5 m (Oliveira *et al.*, 1996), esta agua drenada se debería considerar como no utilizable por el cultivo. Si además tenemos en cuenta que, en el tratamiento S2R1 del ensayo 1 se aplicó un riego ligeramente deficitario y en dos de los tratamientos del ensayo 2 se restringió el riego al 80% de la ETc sin una disminución aparente de la producción, se podría discutir la validez de los valores utilizados de Kc así como la frecuencia de riego utilizada en el riego tradicional. Los valores de Kc recomendados por FAO (1998) son para condiciones estándar de cultivo. En otras condiciones, es decir con acolchado plástico, FAO (1998) sugiere que estos valores podrían reducirse entre un 10 y un 30 %. En concreto, en tomate los valores de Kc se podrían reducir hasta un 35% (Haddadin y Ghawi, 1983). El cálculo de la ETc en sistemas de acolchado plástico no está totalmente aclarado y la aproximación más reciente a su solución es el análisis del balance de energía en estos sistemas (Tarara y Ham, 1999).

La práctica de la humectación total del perfil del suelo en los riegos iniciales por goteo está muy extendida y probablemente es una adaptación del riego de trasplante que se aplica en los sistemas de riego por inundación. Sin embargo es la causa del mayor lixiviado de nitrógeno. En posteriores trabajos, se debería profundizar más en el modo de humectar la capa superficial del suelo para asegurar la supervivencia de las plantas, del mejor ajuste de los coeficientes Kc en sistemas de acolchado y de la frecuencia de riego para reducir al máximo el drenaje y por tanto el lixiviado de nitrógeno.

CONCLUSIONES

El sistema de riego habitual por goteo y con acolchado plástico en tomate de industria en el valle del Ebro, conduce a unas pérdidas elevadas de agua y nitrógeno fundamentalmente en la fase de trasplante.

Los riegos de alta frecuencia en la fase de trasplante han permitido reducir de modo notable el agua drenada y el lixiviado de nitrato, asegurando el arraigo de las plantas de modo similar a los riegos masivos tradicionales. Así mismo los riegos de alta frecuencia combinados con un ajuste de los coeficientes Kc durante la fase de cultivo han permitido reducir prácticamente a cero los lixiviados de nitrato. Por lo tanto, aumentar la frecuencia de riego permitió reducir la aportación de agua manteniendo la producción y optimizando el uso del agua y del nitrógeno.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.G., M. Smith,, L.S. Pereira, y A. Perrier, . 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin , 43. 35-91.
- Allen, R.G., M. Smith,L.S. Pereira, y W.O. Pruitt. 1997. Proposed revision to the F.A.O. procedure for estimating crop water requirements. Acta Hort. 449: 17-33.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th Ed. Harwitte W. (Ed) , pp. 127-129. Association of official analytical chemist. Washington (EEUU).
- F.A.O. 1998. Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma 1998.
- Haddadin S.H. y I. Ghawi. 1983. Effect of plastic mulches on soil water conservation and soil temperature in field growth tomato in the Jordan Valley. Dirasat 13:25-34.
- Hartz, T.K. 1996. Water management in drip irrigated vegetable production. HortTechnology, 6: 165-167.

- Hartz, T.K y G.J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip irrigated vegetables. *HortTechnology* 6: 168-172.
- Keeney, D.R., Nelson, D.W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. *En* A. L. Page et al. (ed.) *Methods of analysis, Part 2. Agronomy* 9: 643-698. ASA and SSSA, Madison, WI, EEUU.
- Lord, E.I. y M.A. Shepherd. 1993. Developments in the use of ceramic cups for measuring nitrate leaching. *Journal of Soil Science* 24: 435-449
- Luc, J.P. 1998. Réserve en eau des sols et bilan pédoclimatique, approche pratique. *En* J.R. Tiercelin (ed.), *Traité d'irrigation*, pp 191-206. Lavoisier, Paris.
- Oliveira, M.R.G, A.M. Calado y C.A.M. Portas. 1996. Tomato root distribution under drip irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121: 644-648.
- Pardo, A., M.L. Suso, N. Vázquez, J.I. Macua, I. Lahoz, J. Garnica y R. Calvo. 2001. Efecto del acolchado plástico y del sistema de riego en un cultivo de tomate de industria. *Actas del XXII Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Cáceres* (en prensa).
- Pereira, L.S., M. Smith y R. Allen. 1998. Méthode pratique de calcul des besoins en eau. *En* J.R. Tiercelin (ed.), *Traité d'irrigation*, pp 206-231. Lavoisier, Paris.
- Prieto, M.H., J. López. y R. Ballesteros. 1998. Influence of irrigation system and strategy on the agronomic and quality parameters of the processing tomato in Extremadura. *Acta Horticulturae* 487, 575-579.
- Tarara, J.M., 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortSci.* 35: 169-180.
- Tarara, J.M. y J.M. Ham. 1999. Measuring sensible heat flux in plastic mulch culture with aerodynamic conductance sensors. *Agricultural and Forest Meteorology* 95: 1-13.

LA MODERNIZACIÓN DE LOS REGADÍOS EN ARAGON, Y SU CONTRIBUCIÓN A LA MEJORA DEL MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS

M. Ortega Salinas

Centro de Técnicas Agrarias. Oficina del Regante. (Unidad de Suelos y Riegos. S.I.A)
Departamento de Agricultura. Diputación General de Aragón.
Apartado 727, 50080 Zaragoza

INTRODUCCIÓN

Todos los regadíos aragoneses construidos con anterioridad a 1970, son regadíos en los que no se utilizaron redes presurizadas, ya que la tecnología existente hasta esos momentos no lo permitió. Estos regadíos, se encuentran en una situación muy variada, pero en general tienen unas bajas eficiencias en la utilización del agua. Es decir, el cociente entre el agua realmente utilizada por la planta, y la aportada con el riego y la lluvia es reducido.

Lógicamente, si tenemos una baja eficiencia en la utilización del agua del riego, tendremos también una baja eficiencia en la utilización de los fertilizantes, sobre todo de los nitrogenados debido a su alta movilidad en el suelo. Por tanto, nos encontramos con dos problemas:

- a) Uno económico, ya que no optimizamos los recursos agrarios (agua y fertilizantes fundamentalmente), por las pérdidas que de estos se producen.
- b) Otro ambiental, por la contaminación de las aguas de retorno del regadío en los desagües.

Todos estos regadíos, no siempre necesitan una modernización integral con un cambio a riegos a presión, ya que el riego a pie puede ser muy eficiente en la utilización del agua, si se maneja bien y se usan las técnicas y los mantenimientos apropiados. No obstante su automatización, en estos momentos es poco viable, ya que está poco desarrollada en el riego por superficie. Existen algunos instrumentos, basados en telefonía móvil, de gran interés para facilitar el riego por superficie. Estos avisadores de riego efectúan una llamada telefónica al regante en el momento en que el agua llega a un punto determinado de la parcela. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de compuertas automáticas para el riego por superficie, pero su uso no está muy extendido.

Las necesidades en mano de obra para la labor del riego en los regadíos tradicionales son muy altas, requieren una cierta especialización y además las condiciones laborales del trabajo de regante son poco atractivas.

En la actualidad las ayudas por parte de las distintas Administraciones Públicas, para la mejora del regadío son muy interesantes y es un momento de no dejar pasar la oportunidad, ya que en el futuro estas ayudas posiblemente ya no se puedan obtener.

¿Qué mejoras podemos obtener con las nuevas tecnologías de riego en relación con el medio ambiente y la sostenibilidad de los recursos?

Toda nueva tecnología no siempre tiene en cuenta en el momento de sus inicios el medio ambiente en el cual se va a desarrollar. Posiblemente éste sea el caso de los nuevos sistemas de riego, ya que en principio lo que tratan de solucionar fundamentalmente es una

limitación de mano de obra y/o agua disponible en unos lugares muy concretos (ejemplo, riego por goteo).

Pero está claro que los riegos que utilizan el agua a presión permiten aportar el agua y los fertilizantes de una manera controlada de forma que sabiendo las necesidades de los cultivos en los diferentes estados fenológicos podemos añadirlos para que la planta los pueda optimizar y las pérdidas por lavado sean las mínimas. Un ejemplo de este esfuerzo es la publicación de título “Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón” en la cual se ofrecen los datos de necesidades de riego en las distintas comarcas de Aragón (Martínez Cob y col., 1.998). Al ajustar las aplicaciones de riego a las necesidades hídricas de los cultivos se reduce el efecto negativo del exceso de riego sobre el medio ambiente. La aplicación de calendarios de riegos adecuados es más fácil de realizar en riegos a presión que en los riegos por superficie. En este sentido podemos decir que eficiencias en la utilización del agua del 80-90 %, pueden ser frecuentes en riegos por goteo y aspersión bien manejados, con rendimientos en cosechas elevados y de alta calidad, que permite tener plantas más sanas, que por tanto necesitarán menos tratamientos fitosanitarios.

La fertirrigación bien programada, satisface las necesidades de la planta y al mismo tiempo nos permite controlar su desarrollo vegetativo. Puede significar ahorros importantes en los fertilizantes utilizados, agua de riego y mano de obra de poda. Asimismo permite controlar el tamaño de la planta, reducir la vecería en algunas especies y facilitar las labores de recolección y tratamientos al estar el suelo seco. Como se indica en el apartado anterior, podremos disponer de plantas más resistente a los ataques de organismos externos, más productivas y de mayor calidad.

Por otra parte, la automatización del riego y la fertirrigación de los cultivos frutícolas y hortícolas al aire libre ya es una realidad. Se ha producido el tercer gran cambio en el riego, primero fue el riego por aspersión, después el riego por goteo, y ahora la fertirrigación y la completa automatización del riego. Actualmente se está avanzando de forma relevante en el desarrollo de la fertirrigación, gracias a la automatización de los sistemas de riego que se están instalando en los cultivos hortícolas y arbóreos al aire libre. Este cambio se ha visto favorecida por la investigación y experiencia acumulada en los cultivos protegidos e hidropónicos.

La automatización de la fertirrigación implica las siguientes ventajas: mayor eficiencia del riego; ahorro de mano de obra; posibilidad de total programación; control de situaciones anómalas en las conducciones; y facilidad en el registro de datos y gestión del agua.

Las soluciones nutritivas aportadas a los cultivos se calcularán teniendo en cuenta las necesidades de las plantas y las características del agua. Para controlar el volumen de agua aplicado y la dosificación de fertilizantes, en la actualidad, se han desarrollado diferentes sistemas de automatización. Estos sistemas controlan por un lado la distribución y dosificación del riego y por otra la nutrición del cultivo.

¿Qué obras son las más frecuentes en un proyecto de modernización de regadíos?

La transformación de secano a regadío de una zona así como la modernización de un regadío existente, implican unas obras y unas afecciones al medio ambiente que hay que valorar de antemano con un proyecto de impacto ambiental. Para conocer los posibles efectos

sobre el medio, y procurar la sostenibilidad de estas obras, es preciso delimitar las actuaciones de mayor relevancia y normalmente más frecuentes, como son:

- a) Obras de regulación en ríos y captación de agua en acuíferos
- b) Tomas de agua de ríos, tuberías, acequias, canales, etc.
- c) Construcción de embalses y/o balsas reguladoras dentro de la zona regable.
- d) Estaciones elevadoras de agua y tuberías de impulsión para suministro y abastecimiento a los embalses.
- e) Apertura de zanjas, colocación y montaje de las redes de riego.
- f) Automatización de la red de riego, hidrantes e instalaciones en parcelas.
- g) Tendidos de suministro eléctrico para las actuaciones que lo necesiten.
- h) Construcción de redes de desagües y drenajes en el caso de que se precisen.
- i) Redistribución de la propiedad, en los casos en que la modernización esté acompañada de concentración parcelaria.
- j) Construcción de nuevas redes de caminos, si es el caso.

¿Que medidas tenemos que adoptar para minimizar las afecciones al medio ambiente en las obras de modernización?

Basándose en el esquema y recomendaciones propuesto por Sánchez-Toribio y col. (www.cebas.csic.es), se pueden concretar en las siguientes medidas:

- a) Protección del sistema hidrogeológico.
 - 1. Mantenimiento de unos caudales mínimos en los ríos que garanticen la supervivencia de los ecosistemas.
 - 2. Estudio de la evolución de las aguas subterráneas.
 - 3. Mantenimiento de los embalses y de las conducciones de la red para evitar filtraciones o fugas.
 - 4. Conservación de las obras y elementos singulares que eviten la erosión del suelo como consecuencia de precipitaciones importantes.
 - 5. Eliminación de los vertederos originados durante la ejecución de las obras.
 - 6. Eliminación de los residuos industriales procedentes de encofrados y maquinaria.
- b) Protección del paisaje.
 - 1. Al finalizar las obras se procederá a la retirada de todas las instalaciones portátiles utilizadas, así como a la adecuación del emplazamiento donde se realizaron las obras, mediante la eliminación o destrucción de todos los restos fijos, especialmente las coladas de hormigón de desecho, abandonadas y fraguadas, y en general cualquier cimentación de instalaciones provisionales utilizadas durante la ejecución de las obras.
 - 2. Las tierras procedentes de los desmontes se utilizarán preferentemente para el relleno y terraplenado necesarios para la construcción de la red de caminos y los embalses. Los embalses deben estar convenientemente vallados de forma que el impacto visual sea mínimo.
 - 3. Se reducirán los impactos ambientales producidos por conducciones, tanto eléctricas como hidráulicas y de las obras de toma en ríos, pantanos, etc.
- c) Acondicionamiento de la zona después de acabadas las obras.
 - 1. Con objeto de recuperar rápidamente la vegetación natural, se efectuará un “capaceo” de 30 cm en el comienzo de las obras y posteriormente se acopiará este material, en cordones con altura inferior a 1,5 m.
 - 2. Los cordones procedentes del “capaceo” se ubicarán en el perímetro exterior de la obra y superficies de acopio. Este material se reservará para el recubrimiento de los

taludes exteriores y superficies afectadas, de modo que se facilite la posterior recuperación de la cubierta vegetal con especies autóctonas.

¿Qué mejoras podemos proponer en los regadíos tradicionales para reducir su impacto ambiental, si no se cambia de sistema de riego?

Actualmente se dispone de una tecnología muy interesante y útil para mejorar el manejo del riego en los regadíos tradicionales. En las últimas décadas se han producido avances técnicos relevantes en el conocimiento del riego por superficie y a la vez se han desarrollado diversas herramientas informáticas muy útiles para mejorar el manejo y gestión de los riegos por superficie. Playán y Faci (www.eead.csic/oficinaregante.es) proponen una serie de medidas para mejorar la eficiencia y uniformidad en el uso del agua en los regadíos tradicionales. Estos autores, ante la pregunta de ¿Qué prácticas mejoran el regadío tradicional?, describen una serie de técnicas que mejoran el riego por superficie y se traducen en un ahorro de agua y en una disminución de los efectos ambientales negativos. A continuación se describe un resumen de las principales prácticas de mejora de los riegos tradicionales.

- a) Evaluación del riego. La realización de evaluaciones del riego es una práctica muy recomendable ya que permite identificar y localizar los problemas. La evaluación del riego en parcelas representativas de la zona regable es fundamental para conocer los problemas existentes en el manejo del riego. Existe una metodología contrastada para efectuar las evaluaciones de los riegos de superficie y riegos a presión.
- b) Nivelación de parcelas con tecnología láser. La nivelación de parcelas con láser es una práctica totalmente recomendable en el riego por superficie ya que aporta importantes mejoras tanto en la eficiencia y uniformidad del riego como en el desarrollo del cultivo. El refinado de parcelas con rayo láser es una práctica muy común en los regadíos aragoneses y se ha constatado una sustancial mejora en la calidad del riego. Aunque parezca una práctica cara, esto sólo es cierto la primera vez. Si la parcela nivelada se trata bien evitando labores que muevan la tierra lateralmente podemos hacer nivelaciones de mantenimiento cada dos o tres años con un coste similar al de pasar un cultivador.
- c) Diseño correcto del riego por superficie. Para que un sistema de riego por superficie sea eficiente debe estar bien diseñado y ser manejado de forma idónea. En general, el riego por superficie produce un reparto uniforme del agua pero frecuentemente es poco eficiente debido a que la dosis aplicada suele ser mayor que la capacidad de retención de agua del suelo, produciéndose en ese caso pérdidas de agua por percolación profunda. Los mayores problemas de baja eficiencia en el riego por superficie se producen en suelos de poca capacidad de retención de agua (suelos de poca profundidad y muy permeables). Con la ayuda de programas informáticos de simulación del riego, el diseño del riego por gravedad se convierte en una tarea fácil y abordable por los técnicos de riego.
- d) Técnicas de manejo del riego. Existen algunas técnicas de riego que permiten evitar o disminuir las pérdidas por escorrentía y percolación profunda en el riego por superficie. Entre estas técnicas se incluyen:
 1. El Recorte de caudal que consiste en disminuir el caudal de entrada a la parcela cuando se ha cumplido la fase de avance del riego. Esta técnica de recorte se utiliza principalmente en riego de surcos con pendiente,
 2. El riego por oleadas que consiste en la aplicación de riegos intermitentes en la parcela para conseguir un avance más rápido del agua, y
 3. La reutilización del agua de escorrentía producida en el riego. Con el uso de estas técnicas se mejora la eficiencia del riego a nivel de parcela y de finca.

- e) Calendarios de riego. En los regadíos tradicionales por superficie es difícil establecer calendarios de riego debido a que la mayoría de las veces, el riego está sujeto a una dosis y a un momento de aplicación fijos. Es muy importante evitar que se produzca déficit de agua en los cultivos y para ello es necesario que el intervalo entre riegos no sea alto y permita mantener una humedad adecuada en el suelo a lo largo del ciclo del cultivo.
- f) Mejora en el sistema de gestión. La mejora de la gestión técnica y económica del riego en una Comunidad de Regantes permite ganar tiempo y eficacia en el suministro de agua a los regantes. Actualmente existen programas informáticos de gestión que tienen un gran interés. Si queremos que también exista un control del gasto del agua, será necesaria la instalación de aforadores de caudal en los puntos estratégicos de la red de riego.
- g) Mejora de la red de distribución. Dependiendo de la antigüedad del sistema de riego pueden encontrarse deficiencias en la red de acequias que provocan pérdidas de agua o suponen una restricción para el paso de los caudales necesarios. Estos problemas se pueden solucionar realizando obras como:
 1. Revestimiento de acequias,
 2. Sustitución de las conducciones a cielo abierto por tuberías de baja presión, y
 3. Rediseño del trazado de la red.Mejorando la red de distribución se puede conseguir un aumento en el caudal de riego con lo que el tiempo de riego disminuye, facilitando el trabajo al regante. También se favorece la implantación de la medida de los caudales que discurren por las acequias y que entran en las parcelas. En la actualidad existen aforadores económicos, fáciles de instalar y con poco mantenimiento.
- h) Mejora de la regulación. En muchos casos la escasa disponibilidad de agua obliga a establecer turnos de riego muy rígidos que disminuyen la calidad de vida del agricultor quien, en muchas ocasiones, ha de regar durante las noches. Otro problema es qué hacer con el agua concedida si ha llovido el día de antes. Por lo general ese agua acaba en los desagües por lo que se pierde si no hay posibilidad de aprovechar estos excedentes aguas abajo. Con la construcción de embalses de regulación interna se puede conseguir una mayor flexibilidad y una mejor utilización del agua disponible.
- i) Concentración parcelaria. Cuando nos planteamos una modernización de un regadío tradicional, la concentración parcelaria es el primer aspecto que debe abordarse. Generalmente existe una alta parcelación y una concentración parcelaria es totalmente recomendable para facilitar las obras de modernización. En las zonas regadas es una opción que suele ser problemática debido al alto grado de complejidad y al elevado número de factores económicos, sociales y agronómicos a tener en cuenta.
- j) Cambio de sistema de riego. El cambio de sistemas de riego por inundación a riego a presión supone una importante mejora en muchos aspectos tanto de aprovechamiento del agua como de su manejo. Este cambio, además, permite la inclusión de otras tecnologías adicionales como la automatización del riego, que reduce de una forma drástica la necesidad de mano de obra en riego y la incorporación de fertilizantes con el sistema de riego.

¿Qué líneas de ayudas dispone la Administración para la modernización de regadíos?

Actualmente el Gobierno de Aragón dispone de tres líneas de ayudas para la transformación de secano a regadío y la modernización de regadíos, dentro del ámbito de esta Comunidad Autónoma. Estas son:

- a) PEBEA (Plan Estratégico del Bajo Ebro Aragonés), las Cortes de Aragón aprobaron la Ley 10/1997, de 17 de noviembre, que delimita definitivamente el ámbito territorial de actuación y contiene las medidas necesarias para su ejecución, y el Gobierno de Aragón publicó el Decreto 204/1997, de 23 de diciembre, el cual desarrolla el Plan, con la finalidad de instrumentar su aplicación y definir la actuación principal que debe suponer la ejecución del PEBEA. Éste es la puesta en regadío de hasta 20.000 ha dentro del territorio comprendido entre los términos municipales de Pastriz y Fayón, tomando el agua directamente del río Ebro y de los embalses de Mequinenza y Ribarroja. La señalada actuación básica ha de suponer que se produzca un efecto de desarrollo, de modo que la efectiva puesta en riego de la señalada extensión lleve consigo un fuerte incremento de la actividad económica en la zona y una dinamización de los sectores económicos en la misma. Las transformaciones en regadío que pretendan acometerse deberán de cumplir los siguientes requisitos: Las parcelas a transformar deberán situarse por debajo de la cota de 280 metros. Los cultivos deberán ser leñosos, admitiéndose que un máximo del 20% de la superficie a transformar se destine a otros cultivos intensivos. No podrán acometerse transformaciones que pretendan desarrollarse en suelos que no sean aptos para el riego, o que quieran ejecutarse sobre zonas que hayan sido declaradas sensibles medioambientalmente, de acuerdo con el Estudio de Recursos Naturales Notables en la zona de transformación en regadío incluida en el PEBEA, efectuado por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente.
- b) Decreto 48/2001, por el que se conceden ayudas para las obras de mejora y modernización de infraestructuras básicas de regadíos existentes, así como de creación de nuevos regadíos.
Las finalidades son:
1. La mejora o modernización de una zona de regadío existente que incluyan obras y elementos que mejoren la gestión del riego, incrementando su eficiencia o el ahorro de agua.
 2. La modernización integral, que afecte al conjunto de una zona o sector de riego existente.
 3. La creación de las infraestructuras básicas para nuevos regadíos.
- Las actuaciones subvencionables son:
1. Acondicionamiento o entubado de acequias, desagües y drenajes.
 2. Las redes de riego a presión.
 3. Los elemento de control, automatización e informatización de las redes de riego.
 4. Las obras e instalaciones electromecánicas de captación y elevación de aguas de riego, tanto superficiales como subterráneas.
 5. Las balsas y embalses de regulación.
- c) Decreto 206/96 del Gobierno de Aragón, Modificado por Decreto 225/99, por el que se conceden ayudas a las inversiones en explotaciones agrarias y a la instalación de jóvenes agricultores. En el cual se indican las subvenciones a las obras e instalaciones de riego y los drenajes, realizados por:
1. Agricultores profesionales, entendiendo como tales aquellos que obtengan una renta procedente de actividades agrarias y/o complementarias que alcance el 50 por 100 de su renta total, siempre que, al menos el 25 por 100 de la misma, proceda de actividades agrarias ejercidas en su explotación y que dediquen más del 50 por 100 de su trabajo a dichas actividades.

2. Personas jurídicas, cuyas explotaciones deberán tener el carácter de prioritarias, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 19/1995, o alcanzar tal condición una vez realizado el plan de mejora y su actividad principal sea la agraria.
3. Cuando la explotación pertenezca a una comunidad de bienes, será necesario que exista un pacto de indivisión, al menos durante seis años, contados a partir de la fecha de petición de la ayuda, y que uno de los comuneros, al menos, reúna los requisitos exigidos a las personas físicas.
4. Agricultores jóvenes que se incorporan a la actividad agraria, como actividad principal, por un periodo mínimo de cinco años.

CONCLUSIONES

Como se ha discutido anteriormente, la modernización de regadíos tradicionales implica ventajas ambientales muy importantes, por el control que podemos realizar sobre los factores productivos. Asimismo no es despreciable la mejora económica que significa a nivel de explotación y avance en calidad de vida en el trabajo agrario.

Las obras necesarias para la realización de la modernización, deben ser respetuosas con el medio ambiente y seguir unas pautas conservacionistas. No obstante, la modernización de regadíos supone unos inconvenientes que es necesario conocer para intentar corregirlos en lo posible, como puede ser:

- a) Falta de recarga de acuíferos que antes se producían por el riego superficial, (una posible solución es la recarga en épocas de bajas necesidades hídricas de los cultivos, una vez estudiado el acuífero en profundidad, al objeto de mantener un aprovechamiento sostenible del mismo, así como la flora y fauna, y el entorno paisajístico que puede llevar asociado).
- b) Desaparición de la vegetación propia de un riego superficial, (Sería deseable la no eliminación de las estructuras de riego superficial, con el fin de que puedan ser utilizadas para realizar posibles riegos de lavado de sales y al mismo tiempo puedan mantener los valores ecológicos y paisajísticos de la zona regada).

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez Cob, Antonio; Faci González, José María; Bercero Bercero, Ángel, 1.998. Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Institución “Fernando el Católico” (C.S.I.C.). Zaragoza.
- Sánchez-Toribio, M^a Isabel*; Jiménez Hernández, Antonio Domingo**; Ros Amorós, M^a Jesús** y Gómez Gómez, José**; (*CEBAS-CSIC. Programa de Asesoramiento en Riegos. Murcia.** Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia. (www.cebas.csic.es)
- Playán, Enrique*; Faci, José María **; (* Estación Experimental de Aula Dei - CSIC, Zaragoza; ** Servicio de Investigación Agroalimentaria - Diputación General de Aragón. Zaragoza). (www.eead.csic/oficinaregante.es)

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA DIARIA Y MENSUAL EN ARAGÓN

A. Martínez Cob

Dpto. Genética y Producción Vegetal (EEAD), Lab. Asoc. Agronomía y Medio Ambiente (DGA-CSIC), Apdo. 202, 50080 Zaragoza. Email: macoan@eead.csic.es

RESUMEN

Mediante su comparación con el método FAO56 Penman-Monteith, en tres localidades representativas de los regadíos aragoneses (Zaragoza, Ejea y Tamarite), este trabajo evalúa varios métodos de cálculo de la ET_0 diaria y mensual: 1996 Kimberly Penman (1996-*Kpen*), 1948 Penman (1948-*Pen*), FAO24 Penman (FAO24-*Pn*), FAO24 Radiación (FAO24-*Rd*), FAO24 Blaney-Cridde (FAO24-*BC*), 1985 Hargreaves (1985-*Harg*) y Priestley-Taylor (*Prs-Tylr*). Los métodos FAO24-*Pn*, FAO24-*Rd* y FAO24-*BC* sobrestimaron claramente la ET_0 diaria y mensual. Los métodos 1996-*Kpen* y 1948-*Pen* también sobrestimaron la ET_0 pero bastante menos acusadamente, sobre todo el método 1948-*Pen* que, a escala diaria, fue el mejor método en las tres localidades. Los métodos 1985-*Harg* y *Prs-Tylr* mostraron una gran dispersión a escala diaria pero a escala mensual su dispersión fue similar a la de los otros métodos. A esta escala, el método 1985-*Harg* fue el mejor en Zaragoza y Ejea, y el método *Prs-Tylr* lo fue en Tamarite. Estos distintos resultados se explican por las diferencias en las velocidades de viento típicas en cada zona.

1. INTRODUCCIÓN

La mejora de la gestión de los recursos hídricos es de gran importancia para una agricultura sostenible. La cuantificación de la evapotranspiración de los cultivos es fundamental para un manejo adecuado de los recursos hídricos. El clima tiene una gran influencia sobre la evapotranspiración. Esta influencia se representa con la denominada evapotranspiración de referencia (ET_0). Existen diversos métodos de estimación de la ET_0 a partir de variables meteorológicas (Jensen et al., 1990). Recientemente, la FAO ha propuesto el método FAO56 Penman-Monteith (FAO56PM) (Allen et al., 1998) como el procedimiento estándar de estimación de la ET_0 . Además, recomienda la evaluación y calibración de otros métodos mediante su comparación con el método FAO56PM. Varios trabajos indican que, en España, las estimas obtenidas con este método son muy similares a valores medidos de ET_0 mediante lisimetría (Berengena, 2001; Gavilán y Berengena, 2001; Lecina y Martínez Cob, 2000).

Este trabajo evalúa varios métodos de cálculo de la ET_0 en tres localidades representativas de los regadíos de Aragón, Zaragoza, Ejea y Tamarite. La evaluación se realizó comparando las estimas diarias y mensuales de ET_0 obtenidas con esos métodos con los valores calculados con el método FAO56PM.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó con los datos meteorológicos diarios registrados en tres estaciones meteorológicas automáticas situadas en los términos municipales de Zaragoza, Ejea de los Caballeros (Zaragoza) y Tamarite de Litera (Huesca) (Tabla 1). En estas estaciones se registraron valores diarios de temperatura y humedad

relativa máximas y mínimas del aire, radiación solar global incidente y velocidad de viento (Martínez Cob y Tejero, 2002), los cuales se usaron para calcular la ET_0 diaria con los métodos *FAO56PM*, 1996 Kimberly Penman (1996-*Kpen*), 1948 Penman (1948-*Pen*), *FAO24 Penman (FAO24-Pn)*, *FAO24 Radiación (FAO24-Rd)*, *FAO24 Blaney-Criddle (FAO24-BC)*, 1985 Hargreaves (1985-*Harg*) y Priestley-Taylor (*Prs-Tylr*). Se empleó la aplicación informática *Ref-ET Windows* (versión 2) elaborada por el Dr. R. Allen (Universidad de Idaho, EE.UU.). Los distintos métodos se describen detalladamente en Jensen et al. (1990) y Allen et al. (1998). Las estimas diarias de ET_0 se promediaron para obtener estimas mensuales. De acuerdo con Allen et al. (1998), los distintos métodos se evaluaron mediante su comparación con el método *FAO56PM* por medio de análisis de regresión simple $y=a+bx$, siendo el método *FAO56PM* la variable dependiente y , los restantes métodos la variable independiente x , a la ordenada en el origen y b la pendiente de regresión.

Tabla 1. Coordenadas geográficas (latitud y longitud), elevación sobre el nivel del mar y período analizado de las tres estaciones meteorológicas.

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Elevación (m)	Período
Zaragoza	41.7192	0.8197 W	225	1994-2001
Ejea	42.1703	1.2139 W	380	1999-2001
Tamarite	41.7800	0.3733 E	218	1997-2001

3. RESULTADOS

La Tabla 2 lista los resultados del análisis de regresión obtenidos con las estimas diarias. Los coeficientes de determinación (R^2) fueron bastante elevados, superiores a 0.95, en las tres localidades, en el caso de los métodos que más variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa del aire, radiación solar y velocidad de viento) emplean en el cálculo: 1996-*Kpen*, 1948-*Pen*, *FAO24-Pn*, *FAO24-Rd* y *FAO24-BC*. Los otros dos métodos, 1985-*Harg* (que sólo requiere temperatura del aire) y *Prs-Tylr* (que no requiere velocidad del viento), presentaron unos R^2 menores de 0.94, excepto en Tamarite.

Tabla 2. Análisis de regresión simple entre las estimas diarias de ET_0 obtenidas con el método *FAO56PM* y las obtenidas con otros métodos. R^2 , coeficiente de determinación; a , ordenada en el origen; b , pendiente de regresión.

Método	Zaragoza			Ejea			Tamarite		
	R^2	$a^{(1)}$	b	R^2	$a^{(1)}$	b	R^2	$a^{(1)}$	b
1996- <i>Kpen</i>	0.962	0.419 ^a	0.829 ^c	0.961	0.300 ^a	0.835 ^c	0.978	0.230 ^a	0.879 ^c
1948- <i>Pen</i>	0.988	0.071 ^a	0.901 ^c	0.988	0.059 ^a	0.890 ^c	0.997	-0.029 ^a	0.909 ^c
<i>FAO24-Pn</i>	0.986	0.357 ^a	0.712 ^c	0.984	0.332 ^a	0.705 ^c	0.996	0.190 ^a	0.753 ^c
<i>FAO24-Rd</i>	0.959	0.286 ^a	0.786 ^c	0.962	0.199 ^a	0.770 ^c	0.966	0.201 ^a	0.753 ^c
<i>FAO24-BC</i>	0.976	0.342 ^a	0.760 ^c	0.982	0.322 ^a	0.764 ^c	0.978	0.317 ^a	0.730 ^c
1985- <i>Harg</i>	0.827	0.131 ^a	0.937 ^c	0.889	0.010 ^b	0.959 ^c	0.932	-0.314 ^a	0.912 ^c
<i>Prs-Tylr</i>	0.907	0.632 ^a	0.975 ^c	0.936	0.547 ^a	0.910 ^c	0.961	0.313 ^a	0.941 ^c

⁽¹⁾ mm día⁻¹; ^a significativamente diferente de 0; ^b no significativamente diferente de 0; ^c significativamente diferente de 1 ($\alpha = 0.95$).

No obstante, las ordenadas en el origen y las pendientes de regresión indican que en las tres localidades, los cinco métodos citados en primer lugar sobrestimaron significativamente la ET_0 , particularmente el método *FAO24-Pn*, excepto para

valores muy bajos en que la infraestimaron. Este comportamiento ya había sido observado por otros autores, sobre todo en el caso del método *FAO24-Pn* (Allen et al., 1994). Las estimas del método *1948-Pen* fueron las más parecidas a los valores diarios de ET_0 del método *FAO56PM*. Así, la raíz cuadrada del error cuadrático medio (*RMSE*) obtenida con el método *1948-Pen* fue la más baja de todos los métodos evaluados, en las tres localidades, y varió entre 0.37 y 0.46 mm día⁻¹.

El método *Prs-Tylr* infraestimó apreciablemente la ET_0 en Zaragoza y Ejea, mientras que en Tamarite sus estimas, globalmente, ni infraestimaron ni sobrestimaron. El método *1985-Harg* no infraestimó ni sobrestimó la ET_0 diaria en Zaragoza y Ejea pero sí en Tamarite. No obstante, la dispersión de las estimas de estos dos métodos fue relativamente importante (valores de R^2 entre 0.83 y 0.96 Tabla 2) lo que indica que ambos métodos tienen gran incertidumbre y no parecen adecuados para estimar la ET_0 diaria. Por tanto, si se dispone de todas las variables meteorológicas pertinentes, lo más adecuado para estimar la ET_0 diaria es utilizar directamente el método *FAO56PM*. Aunque la precisión del método *1948-Pen* fue similar, este método requiere el mismo número de variables por lo no parece justificado recomendar su uso.

La Tabla 3 lista los resultados del análisis de regresión para las estimas mensuales. Como se esperaba, los R^2 aumentaron y superaron 0.97 en todos los casos. La dispersión de todos los métodos fue bastante similar (Figuras 1 a 3). En términos de ordenada en el origen y pendiente de regresión, los resultados fueron similares a los obtenidos con las estimas diarias: los métodos *1996-Kpen*, *FAO24-Pn*, *FAO24-Rd* y *FAO24-BC* sobrestimaron significativamente la ET_0 , mientras que el método *1948-Pen* también la sobrestimó aunque bastante menos. El método *1985-Harg* no infraestimó ni sobrestimó la ET_0 en Zaragoza y Ejea, su dispersión fue similar a la de los restantes métodos y, en estas dos localidades, fue el mejor a escala mensual, con los más bajos valores de *RMSE* (0.27-0.32 mm día⁻¹). En Tamarite, sin embargo, este método sobrestimó la ET_0 . El método *Prs-Tylr* infraestimó la ET_0 en Zaragoza y Ejea pero no en Tamarite donde fue el mejor método (*RMSE* = 0.26 mm día⁻¹).

Tabla 3. Análisis de regresión simple entre las estimas mensuales de ET_0 obtenidas con el método *FAO56PM* y las obtenidas con otros métodos. R^2 , coeficiente de determinación; *a*, ordenada en el origen; *b*, pendiente de regresión.

Método	Zaragoza			Ejea			Tamarite		
	R^2	$a^{(1)}$	<i>b</i>	R^2	$a^{(1)}$	<i>b</i>	R^2	$a^{(1)}$	<i>b</i>
<i>1996-Kpen</i>	0.987	0.413 ^a	0.830 ^c	0.993	0.290 ^a	0.839 ^c	0.995	0.227 ^a	0.880 ^c
<i>1948-Pen</i>	0.998	0.071 ^a	0.901 ^c	0.998	0.083 ^a	0.883 ^c	1.000	-0.015 ^b	0.905 ^c
<i>FAO24-Pn</i>	0.997	0.313 ^a	0.723 ^c	0.996	0.296 ^a	0.714 ^c	0.999	0.174 ^a	0.757 ^c
<i>FAO24-Rd</i>	0.993	0.189 ^a	0.812 ^c	0.997	0.088 ^a	0.801 ^c	0.998	0.089 ^a	0.788 ^c
<i>FAO24-BC</i>	0.991	0.325 ^a	0.765 ^c	0.993	0.279 ^a	0.777 ^c	0.990	0.285 ^a	0.740 ^c
<i>1985-Harg</i>	0.973	-0.019 ^b	0.984 ^d	0.983	-0.047 ^b	0.978 ^d	0.990	-0.363 ^a	0.928 ^c
<i>Prs-Tylr</i>	0.971	0.673 ^a	0.960 ^c	0.989	0.590 ^a	0.895 ^c	0.992	0.317 ^a	0.941 ^c

⁽¹⁾ mm día⁻¹; ^a significativamente diferente de 0; ^b no significativamente diferente de 0; ^c significativamente diferente de 1; ^d no significativamente diferente de 1 ($\alpha = 0.95$).

El cociente entre las estimas mensuales de ET_0 del método *1985-Harg* y las del método *FAO56PM* disminuyó con el aumento de la velocidad de viento y se hizo menor de 1 para velocidades superiores a 2.5-3.0 m s⁻¹ (Martínez Cob y Tejero,

2002). En Zaragoza y Ejea se superaron dichas velocidades de viento y, por ello, en conjunto no hubo ni infraestimación ni sobrestimación. En Tamarite no se superaron velocidades medias mensuales de 2.0 m s^{-1} por lo que el método *1985-Harg* sobrestimó la ET_0 mensual. En el método *Prs-Tyler*, el cálculo de la ET_0 no incluyó el término aerodinámico presente en las diversas versiones de la ecuación de Penman. Por ello, en localidades con viento, dicho método infraestimó la ET_0 mensual pero en localidades sin viento la estimó bastante bien. A escala mensual, se sugiere el método *1985-Harg*, con la correspondiente calibración en zonas con escasa velocidad de viento, para estimar la ET_0 mensual pues sólo precisa datos de temperatura del aire.

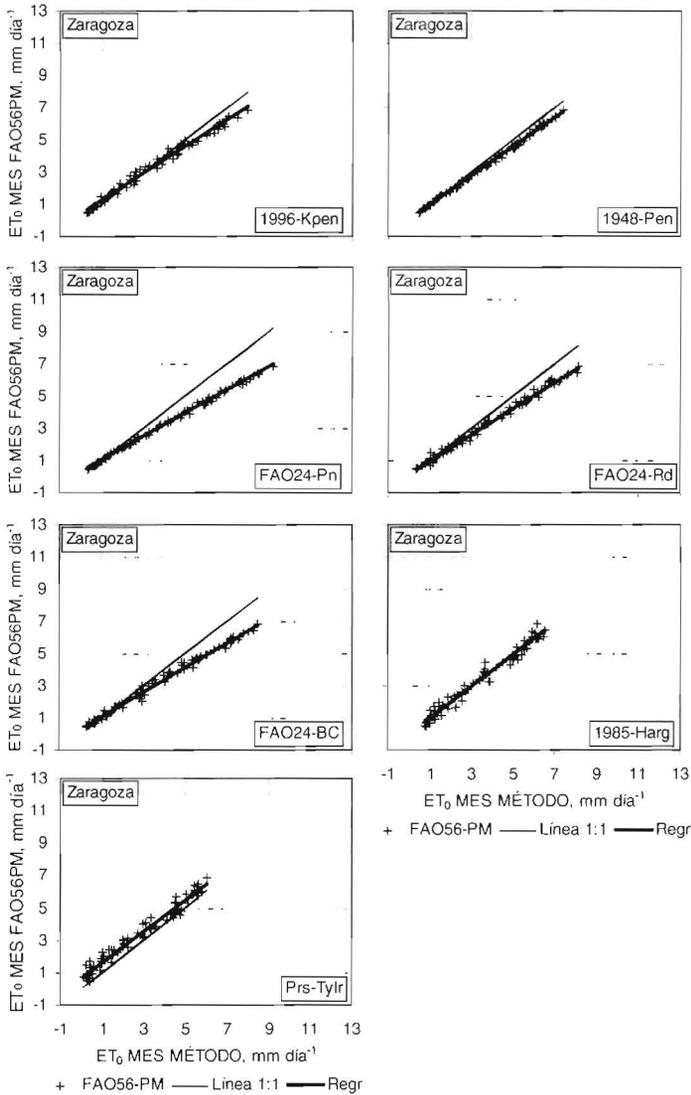


Figura 1. Comparación gráfica entre las estimas mensuales de ET_0 obtenidas con el método *FAO56PM* y las obtenidas con el resto de métodos en Zaragoza.

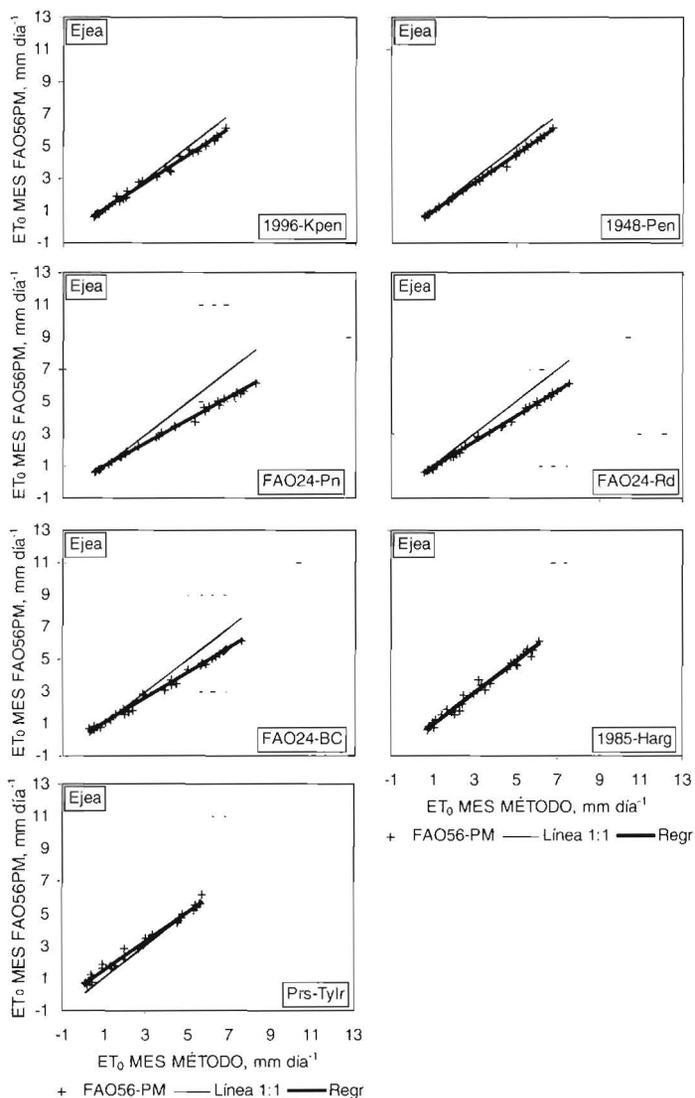


Figura 2. Comparación gráfica entre las estimas mensuales de ET_0 obtenidas con el método *FAO56PM* y las obtenidas con el resto de métodos en Ejea.

4. CONCLUSIONES

A escala diaria, el método que estimó mejor la ET_0 en las tres localidades estudiadas fue el de *1948-Pen* aunque sobrestimó algo esta variable para valores altos. El método *1985-Harg* no sobrestimó ni infraestimó globalmente la ET_0 diaria en Zaragoza y Ejea pero sí en Tamarite; en todos los casos la gran dispersión observada no permite apoyar a este método como adecuado para estimar la ET_0 . El método *Prs-Tylr* infraestimó la ET_0 diaria en Zaragoza y Ejea pero no en Tamarite. Pero su dispersión también fue importante. Los peores métodos fueron los de *FAO24-Pn*, *FAO24-Rd* y *FAO24-BC* que sobrestimaron apreciablemente la ET_0

diaria. Los requerimientos de variables meteorológicas de los distintos métodos sugiere que a escala diaria lo mejor es estimar la ET_0 con el método *FAO56PM*. A escala mensual, el método *1985-Harg* fue el más preciso en Zaragoza y Ejea pero no en Tamarite; en esta localidad, el método *Prs-Tylr* fue el más preciso. Las distintas condiciones de viento fueron la principal causa de estas diferencias entre localidades. A escala mensual, se sugiere el método *1985-Harg* para estimar la ET_0 , con la correspondiente calibración en zonas con escaso viento.

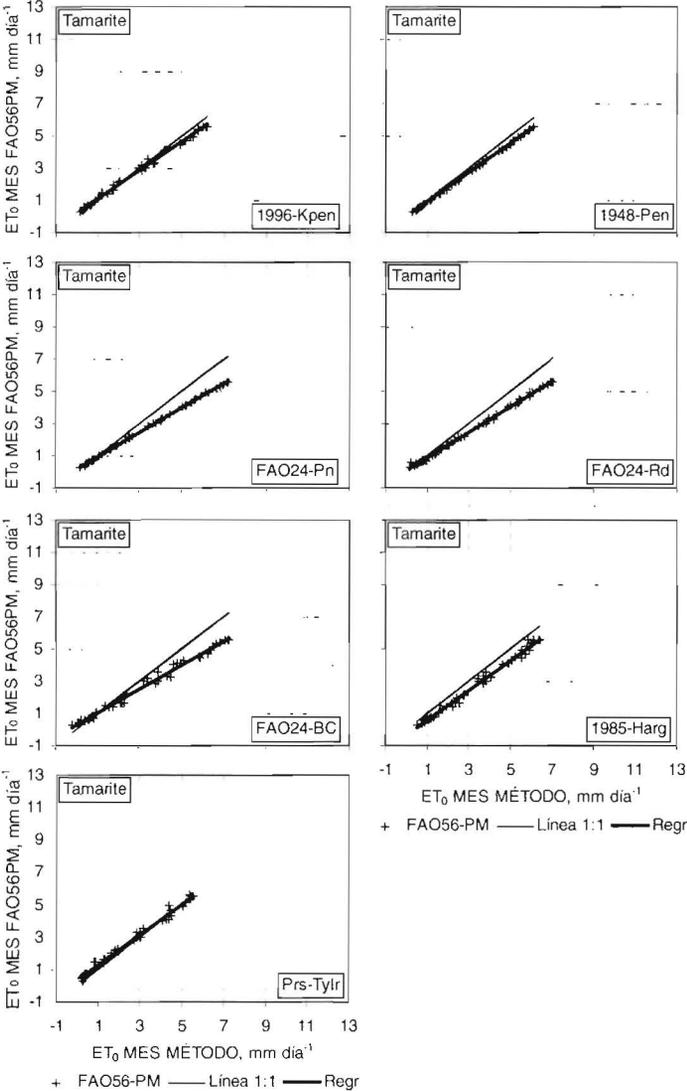


Figura 3. Comparación gráfica entre las estimas mensuales de ET_0 obtenidas con el método *FAO56PM* y las obtenidas con el resto de métodos en Tamarite.

REFERENCIAS

- Allen R.G., Smith M., Perrier A., Pereira L.S. 1994. An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*. 43 (2): 1-34.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. FAO, Roma, Italia. 300 pp.
- Berengena J., Gavilán P., Márquez F., 2001. Precisión de las estimaciones de la ET_0 en un ambiente advectivo. XIX Congreso Nacional de Riegos. Zaragoza, 12-14 junio. 67-68. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- Gavilán P., Berengena J. 2000. Comportamiento de los métodos Penman-FAO y Penman-Monteith-FAO en el valle medio del Guadalquivir. XVIII Congreso Nacional de Riegos. Huelva, 20-22 de junio. 21-22. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Jensen M.E., Burman R.D., Allen R.C. (eds.). 1990. Evapotranspiration and irrigation requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No 70. American Society of Civil Engineers (ASCE), Nueva York, EE.UU. 332 pp.
- Lecina S., Martínez Cob A. 2000. Evaluación lisimétrica de la evapotranspiración de referencia semihoraria calculada con el método FAO Penman-Monteith. XVIII Congreso Nacional de Riegos. Huelva, 20-22 de junio. 37-38. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Martínez Cob A., Tejero M. 2002. Calibración regional de la ecuación de Hargreaves en zonas semiáridas. XX Congreso Nacional de Riegos. Ciudad Real, 12-14 junio. Ciudad Real. Asociación Española de Riegos y Drenajes.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos *HID96-1295-C04-04* (Programa Nacional de Recursos Hídricos) y *2FD97-0547-C02-01* (Programa FEDER). Gracias a la Confederación Hidrográfica del Ebro por su permiso para ubicar una estación meteorológica en su finca La Melusa, en Tamarite de Litera (Huesca); a Francisco Mateo, Juan Manuel Sanmartín y a José Antonio Cambra por el mantenimiento de la estación de Tamarite; a la Comunidad V de Regantes de Bardenas (Ejea de los Caballeros, Zaragoza) por su ayuda en la ubicación y mantenimiento de la estación de Ejea; a Miguel Izquierdo, Jesús Gaudó y Enrique Mayoral por su ayuda en la instalación de las tres estaciones meteorológicas y el mantenimiento de la estación de Zaragoza; y, finalmente, a Enrique Torrente y Félix Padilla por su ayuda en la configuración de la recopilación de datos mediante telefonía móvil.

PRODUCCIÓN GANADERA SOSTENIBLE

R.Revilla

Unidad de Tecnología en Producción Animal
Servicio de Investigación Agroalimentaria. Gobierno de Aragón
Apdo. 727. 50080. Zaragoza
e-mail: rrevilla@aragob.es

INTRODUCCIÓN

“Agricultura y Medio Ambiente: conflicto y convivencia”. Este fue el título de las XXIV Jornadas de Estudio de AIDA de 1992 y, diez años después, el debate sobre las repercusiones medioambientales de las prácticas agrarias sigue vigente y seguramente las diferencias existentes entre dos concepciones radicalmente opuestas del desarrollo técnico (agricultura sostenible vs agricultura “moderna”) se han incrementado.

En la actualidad, la mayoría de foros internacionales, principalmente europeos, enmarcan la evolución de la agricultura en torno a dos conceptos: la multifuncionalidad y la sostenibilidad.

El primero de ellos hace referencia a un hecho indiscutible; la agricultura ya no puede ser considerada exclusivamente como una actividad destinada a proporcionar alimentos para el hombre y su mantenimiento ya no puede separarse de la gestión del espacio, del medio ambiente, del desarrollo rural o, inclusive, de la práctica de otras actividades, como el turismo.

Sobre el segundo, tanto en lo referente a su definición como a la interpretación y puesta en práctica de los elementos utilizados en ésta, la unanimidad es menos clara. Mientras que para algunos la “sostenibilidad” es el camino por el que debe evolucionar la agricultura en los próximos años, para otros es una moda, un mito o, sencillamente la alternativa de los que no pueden acceder a un desarrollo técnico-económico “acorde con los conocimientos actuales”.

Los últimos “escándalos” alimentarios, la creciente concienciación medioambiental de la población no agraria y la generalización de los nuevos conceptos de bienestar animal, entre otros muchos factores, justifican que las personas que trabajamos en el desarrollo agrario en su sentido más amplio nos reunamos, de nuevo, a discutir sobre las bases conceptuales y las posibilidades reales de los sistemas ganaderos sostenibles y a establecer las líneas de trabajo para dotar de contenido técnico el concepto de sostenibilidad.

GANADERÍA SOSTENIBLE: CONCEPTOS Y LIMITACIONES

El calificativo “sostenible” aparece siempre como alternativa a “algo” que no tiene nombre claramente definido; los sistemas agrarios utilizados en la actualidad (agricultura moderna, agricultura convencional o agricultura industrial, entre otras denominaciones) y considerados de manera genérica como “no sostenibles”, en función de la elevada utilización de insumos ajenos al sistema y de las

repercusiones medioambientales derivadas de esta utilización. El elemento que caracterizaría globalmente a un sistema sostenible sería su capacidad de reproducirse en el tiempo, sin alterar o mejorando el medio ambiente.

Los sistemas sostenibles han sido definidos de numerosas maneras, apareciendo siempre en sus diversas formulaciones dos tipos de elementos comunes; unos de orden medioambiental (el respeto y mejora del medio, la adecuada utilización de los recursos naturales, etc) y otros de marcado carácter socioeconómicos (la competitividad comercial, la viabilidad económica o su participación activa en el desarrollo rural) (Gold, 1999). En este sentido, en las sesiones de trabajo de la Red de Ganadería Sostenible Iberoamericana (Brasil, 2001) se hablaba de sostenibilidad social, económica y ambiental, considerando, al igual que Bru (1988) el concepto de medio ambiente de una manera amplia y que comprendería la “totalidad del entorno material de la vida humana”.

Siguiendo los criterios antes apuntados, podremos hablar de sistemas sostenibles cuando sus bases técnico-organizativas respondan a las siguientes premisas:

- Mantengan o mejoren el medio ambiente, tanto en lo referente a las cubiertas vegetales, como a las contaminaciones ambientales ligadas a la fertilización y a las deyecciones animales. Se debería incluir en este apartado la obtención de productos con ausencia de residuos de todo tipo y, desde luego, la reducción de energía fósil en los procesos productivos y la no utilización de aquellos productos que generen contaminación en cualquiera de sus fases de obtención.
- Aseguren la viabilidad económica de la producción, permitiendo la obtención de rentas suficientes para cubrir los objetivos económicos de los ganaderos.
- Permitan el mantenimiento del tejido social agrario, participando activamente en el desarrollo rural.

De una manera ciertamente “militante” y recogiendo todos los aspectos que hemos comentado hasta ahora, un sistema agrario sería sostenible, para O’Connell (1992), cuando fuera “ecológicamente respetuoso, económicamente viable, socialmente justo, culturalmente integrado y basado en una concepción científica holística”.

Si aceptamos estas premisas, aparece claro que, desde un punto de vista exclusivamente técnico, podemos “diseñar” sistemas que aseguren la sostenibilidad ambiental e inclusive la rentabilidad económica, pero para entender y alcanzar la concepción global de sostenible, es necesario plantear el proceso desde una perspectiva sistémica más amplia que aborde el cambio en los diferentes niveles de organización: la propia explotación, el ecosistema, las comunidades afectadas o, inclusive, el mercado y el sistema económico. El análisis sistémico del proceso de “sostenibilidad” implica un esfuerzo interdisciplinar de investigación y de educación en el que deben implicarse no sólo investigadores de las diferentes disciplinas que conforman el sistema, sino también extensionistas, ganaderos, consumidores y responsables de las tomas de decisiones (SAREP, 1997).

Al hablar de ganadería sostenible surgen siempre confusiones o se establecen equiparaciones con la ganadería ecológica y con la ganadería extensiva.

La principal diferencia práctica que podríamos establecer entre ganadería sostenible y ganadería ecológica sería de orden organizativo: Pese a que, en el límite y según que definiciones consultemos ambos conceptos podrían ser similares, en el contexto europeo la ganadería ecológica está definida, controladas sus prácticas mediante una reglamentación precisa y los productos derivados de ella sometidos a un etiquetaje específico, situaciones a las que no se ha llegado aún en la ganadería sostenible que, hoy por hoy, aparece más como un ideal al que llegar que como una "marca".

Las diferencias y similitudes entre ganadería extensiva y sostenible son más complejas. Desde un punto de vista técnico se suele identificar a la ganadería extensiva con la realizada sobre la base del pastoreo como principal sistema de alimentación animal y podríamos llegar a adjetivar de forma similar a un sistema ovino trashumante tradicional y a una explotación de vacuno lechero de alta producción, mantenido sobre praderas de regadío sometidas a una alta fertilización nitrogenada. Otros conceptos diferentes al hecho de pastar más o menos van a jugar también en la definición de un sistema extensivo: la utilización de todos los recursos pastables, con independencia de su calidad productiva, la adaptación de los ciclos productivos de los animales a su fisiología o la reducción de gastos (Revilla, 2000) serían también factores que definirían a este tipo de sistemas.

Si se analiza a la explotación ganadera desde un punto de vista más amplio, será la combinación de los factores clásicos de explotación, capital, tierra y trabajo, la que marcará el carácter extensivo o intensivo de una explotación ganadera o su tendencia a intensificarse o extensificarse, admitiendo que estos conceptos son siempre relativos y dinámicos (Manrique et al., 1992). A partir de estos elementos podríamos decir que un sistema sostenible sólo puede concebirse a partir de la evolución de sistemas extensivos, mientras que un sistema que maximizara la productividad del factor de producción limitante recurriendo a importantes cantidades de consumos industriales, un sistema intensivo, nunca puede dar lugar a un sistema sostenible.

Finalmente y como indica el SAREP (1997), la transición hacia un sistema sostenible es un proceso que requiere pasos pequeños y realistas y en el que cada paso razonado y consolidado permite plantear el siguiente, asumiendo, además, que el proceso no termina una vez que tenemos puestos en marcha sistemas técnicos respetuosos con el medio y que sólo se completa si se consigue también una nueva organización social e inclusive comercial.

LOS ELEMENTOS TÉCNICOS DE LA SOSTENIBILIDAD.

Sin olvidar las condiciones sociales que O'Connell consideraba imprescindibles en un sistema sostenible, nuestro reto técnico es proponer sistemas ganaderos respetuosos con el medio ambiente y económicamente viables que

puedan ser una alternativa real y convincente a nivel del ganadero a los actualmente dominantes en nuestro contexto socio-económico.

Si partimos del esquema de funcionamiento técnico de un sistema ganadero apuntado por Gibon (1981), que se basa en el establecimiento de relaciones entre los ciclos de oferta y demanda de alimentos (Figura 1), es fácil determinar en que puntos se fundamenta la sostenibilidad de un sistema y cuales han sido los mecanismos técnicos que han llevado a los sistemas actuales.

La puesta en juego de todos los recursos vegetales de la explotación constituye la oferta forrajera que debe ser capaz, mediante el pastoreo y la siega, de satisfacer las necesidades del rebaño, definidas por el número de animales, por su manejo reproductivo y por sus producciones. La compra o la venta de animales y forrajes son los mecanismos tradicionalmente practicados por los ganaderos para superar los desajustes que pueden producirse a lo largo de la campaña, motivados principalmente por las repercusiones del clima sobre la vegetación.

Los sistemas “intensificados” han impuesto un nuevo equilibrio, basado principalmente en la compra de cantidades crecientes de alimentos de fuera del sistema como mecanismo para satisfacer unas necesidades nutricionales incrementadas a consecuencia de la utilización de genotipos de altas producciones, de la intensificación reproductiva y de la aplicación de sistemas de cebo basados en la utilización de concentrados. Paralelamente, el desequilibrio se ha acentuado a consecuencia del abandono de todas aquellas superficies forrajero-pastorales en las que, por lejanía de la explotación, pendiente o calidad de los suelos, las nuevas técnicas de producción (abonado, introducción de especies forrajeras mejoradas, mecanización, riego) no obtienen los resultados esperados.

Las bases técnicas para la sostenibilidad se encontrarían, tanto a nivel de la explotación como del territorio, en volver a establecer los principios del equilibrio entre oferta y demanda apuntados por Gibon (1981).

Algunos ejemplos pueden ilustrar lo antes expuestos. En la Tabla 1. reflejamos determinadas características de explotaciones ovinas del Pirineo aragonés, extraídas del trabajo de Choquecallata, (2000), en el que se comparaban cinco explotaciones caracterizadas por diferentes niveles de intensificación reproductiva y por diferentes usos del territorio. En la tabla reproducimos exclusivamente los resultados de las dos explotaciones “extremo” de la muestra: la explotación nº 1, con un objetivo teórico de cinco partos en tres años, excelente nivel técnico y utilización estante del territorio y la nº 5, desarrollada en un centro experimental (“La Garcipollera”, SIA-Gobierno de Aragón) y que intenta reproducir un sistema técnicamente sostenible: utilización de una raza autóctona, sistema de un solo parto al año, máxima utilización de todas las superficies pastorales y reducción al máximo de los aportes de todo tipo ajenos al sistema.

Los resultados obtenidos en estas explotaciones muestran las importantes diferencias existentes en relación a la productividad: 1,84 vs 1,12 corderos vendibles por oveja y año en la explotación 1 y 5, respectivamente. Paralelamente, mientras que el pastoreo sólo cubre el 40 % de las necesidades energéticas del rebaño más intensificado, en el sistema “sostenible” este porcentaje se eleva al 82 %. En la

explotación nº 1, el 60 % de las necesidades energéticas de la oveja deben cubrirse recurriendo al suministro en aprisco de alimentos propios (cereales y forrajes) o comprados (alimentos concentrados), obtenidos utilizando fertilizantes, maquinaria agrícola y energía no renovable.

Si referimos los resultados de estas dos explotaciones en términos de eficiencia energética, considerando exclusivamente la energía de origen alimentario utilizada en la producción, se confirma la “rentabilidad energética” de la intensificación: producir un cordero en condiciones intensivas consume 234 UFL, cantidad que se eleva a 314 en condiciones extensivas, en función de la importancia proporcional de las necesidades energéticas de mantenimiento en el conjunto de necesidades totales de las ovejas a lo largo del ciclo productivo. Estos términos se invierten si consideramos la eficiencia de la utilización de la energía suministrada en aprisco: producir un cordero en estas condiciones requiere 134 UFL en la explotación intensiva, frente a las 56 UFL requeridas en el caso de rebaños que basan su producción en el pastoreo.

En unas condiciones técnico económicas en las que se prime la productividad numérica del rebaño sin tener en cuenta los consumos energéticos necesarios para su producción, queda plenamente justificado el recurrir a la intensificación reproductiva, pese a los superiores costes de producción asociados a estos sistemas (Casasús et al., 1994). Sin embargo, en el modelo “sostenible” que se describe en los trabajos antes comentados se ha conseguido una productividad numérica superior a las medias de explotaciones comerciales controladas por diversos servicios técnicos en la misma zona, basándose en un manejo totalmente adaptado a las condiciones del medio y con unos costes alimenticios y energéticos mínimos. Además y si consideramos la mortalidad de corderos como un indicador conjunto de la sanidad del rebaño, el bienestar de los animales y la sencillez del manejo en su conjunto, el sistema “sostenible” presenta unos índices notablemente inferiores a los de explotaciones intensificadas: 5,5 %, incluyendo muertes de corderos por predadores (los partos ocurren al aire libre), frente al 10,8 % reseñada por Choquecallata (2000) para la explotación intensiva analizada en su trabajo.

La generalización de un sistema como el que hemos descrito brevemente se encuentra con fuertes problemas, pese a los resultados técnicos y económicos que presenta. La “nueva cultura ganadera” que ha generado la intensificación devalúa y califica como “poco rentables” y obsoletas aquellas opciones que no se basen en maximizar la productividad numérica, en aportar elevadas cantidades de alimento en aprisco o en aplicar técnicas complejas.

El abandono de las superficies pastables más alejadas de la explotación, o “menos productivas” ha sido un fenómeno característico de la evolución de la ganadería en los últimos años, inclusive en las zonas consideradas tradicionalmente como “extensivas” (Revilla, 1987). Muchas de estas superficies son, en la actualidad, objeto de una gran preocupación medioambiental por su alta predisposición a los incendios, motivados por el acúmulo de vegetación herbácea y arbustiva no consumida por el ganado. La nueva inclusión de estas superficies en los circuitos ganaderos supone un reto de cara a la reducción de los costes de alimentación y a la potenciación del papel del ganado como mantenedor del medio ambiente (Revilla y Osoro, 1999).

Desde hace años, el Servicio de investigación Agroalimentaria del Gobierno de Aragón viene desarrollando una serie de líneas de trabajo destinadas a evaluar la acción del ganado sobre la vegetación, principalmente en las zonas degradada e invadidas por los arbustos (Valderrábano y Torrano, 2000; Torrano 2001).

Tradicionalmente se ha considerado al ganado ovino y caprino como el más adecuado para la gestión de zonas boscosas invadidas por el matorral pero, en los momentos actuales, es el ganado vacuno el que, por su facilidad de manejo, aparece como el utilizador potencial más claro de estas zonas.

En la Tabla 2. reflejamos los principales resultados obtenidos durante el período de pastoreo de primavera (marzo-junio) en este tipo de superficies, utilizando ganado vacuno (Revilla et al., 1995). En la experiencia se utilizaron vacas de raza parda de Montaña, mantenidas durante el invierno en condiciones de alimentación no restringida (lote Alto) o subnutridas (lote Bajo). Al llegar la primavera, la mitad de los animales de cada lote iniciaron el pastoreo, que duró 71 días, en zonas de pinares invadidos de vegetación arbustiva, mientras que las restantes vacas permanecieron en el establo consumiendo heno de pradera a voluntad. Los objetivos de la experiencia se centraban, entre otros, en conocer la capacidad de las vacas para recuperar peso en este tipo de superficies y comparar esta recuperación con la obtenida consumiendo un alimento de características conocidas. Las ganancias de peso durante el período controlado fueron idénticas para cada nivel de alimentación invernal, con independencia de si ésta se obtuvo en pastoreo o consumiendo heno a voluntad. El pastoreo permitió el ahorro de casi 1000 kg de heno por vaca, quedando claramente patente el interés de integrar las superficies boscosas en los circuitos de pastoreo. Experiencias posteriores en las que se comparó la recuperación de peso en pastoreo con la obtenida con la ingestión a voluntad de diversos alimentos (Casasús, 1998) han mostrado resultados similares (Tabla 3.).

El pastoreo de ganado vacuno en este tipo de vegetación mantenido a lo largo de los años ha mostrado, además, un marcado efecto beneficioso sobre el medio ambiente, reduciendo la biomasa potencialmente combustible y el número y volumen de los principales arbustos presentes en la zona de pasto, pese a la baja carga ganadera utilizada (0,2 UGM/ha) (Tablas 4, 5 y 6.).

Un elemento práctico para controlar la sostenibilidad de un sistema basado en pastoreo es que los animales sean capaces de alcanzar, en años consecutivos, el mismo peso en la misma fecha. En las condiciones de explotación del Pirineo aragonés la inclusión de zonas boscosas en el ciclo anual de pastoreo ha permitido mantener, a lo largo de 9 ciclos anuales, los pesos de los animales en unos niveles compatibles con las producciones del rebaño, permitiendo reducir el período total de estabulación invernal y, por lo tanto, el coste de la alimentación ofrecido en el establo (Casasús et al., 2002). En las condiciones de manejo esquematizadas en la Figura 2., se ha podido destacar la influencia de la época de parto y por lo tanto de la repartición anual de las necesidades energéticas, en la evolución anual del peso de los animales y en la adaptación diferentes de éstos a manejos menos dependientes de la alimentación ofrecida. Contrariamente a lo que ocurre en las zonas de montaña de elevada pluviometría (D'Hour et al., 1998), en la montaña mediterránea los animales con parto de otoño ajustan mejor su ciclo productivo a la

disponibilidad anual de pasto, resultando este sistema de manejo menos dependiente del exterior en lo referente a la alimentación y más “seguro” en lo referente a los resultados reproductivos (Revilla et al., 2000).

En relación con este importante factor productivo, trabajos desarrollados en nuestras condiciones de explotación han mostrado que, inclusive en zonas difíciles como la montaña y recurriendo exclusivamente a técnicas de manejo es posible mantener niveles de eficiencia reproductiva compatibles con la rentabilidad económica, tanto en ganado ovino y caprino (Revilla y Folch, 1989), como en vacuno (Sanz et al., 2002).

Estos y otros muchos trabajos que podríamos referenciar, vienen a mostrar que las posibilidades técnicas de practicar sistemas económicamente viables basados en la correcta utilización del medio y sin recurrir a técnicas “agresivas” son reales y conocidas. La generalización de estas técnicas, como paso previo en el camino hacia la sostenibilidad, es más incierta porque cuestiona, de alguna manera, la dinámica que ha impuesto la intensificación en la agricultura.

CONSIDERACIONES FINALES

Pese a la existencia de las medidas agroambientales de la PAC, la intensificación de los sistemas ganaderos sigue siendo la línea técnica elegida por buena parte de los agricultores y de los técnicos, que siguen viendo con cierta desconfianza las posibilidades reales de producir con tecnologías “blandas”, ante la posibilidad de ver reducidos los resultados técnicos y económicos de las explotaciones. Además son precisamente los ganaderos pequeños, hacia los que está orientada la sostenibilidad desde un punto de vista teórico, los más motivados a proseguir en la dinámica del incremento, a cualquier precio, de las producciones unitarias.

El reto que tenemos delante todas aquellas personas que pensamos que la agricultura debe evolucionar, técnica y organizativamente, hacia la sostenibilidad es muy grande y sólo podrá ir resolviéndose en la medida que los consumidores exijan cada vez más productos seguros, que los ganaderos y agricultores asuman un compromiso medioambiental claro y que los técnicos apostemos también por una investigación enfocada a resolver los múltiples aspectos que aún desconocemos y, seguramente, el orden de esta formulación no es casual: serán previsiblemente los consumidores los que van a protagonizar las mayores presiones en pro de una verdadera seguridad alimentaria.

Agricultores y ganaderos tienen ante sí un compromiso importante. La sostenibilidad no puede ser entendida como una alternativa comercial a la agricultura actual, desprestigiada, en parte, por los constantes escándalos alimentarios. La reconversión hacia la sostenibilidad debe iniciarse en un convencimiento y en un respeto al medio ambiente, a la sociedad rural a la que pertenecen y a los consumidores. Como ya hemos indicado, ser coherente en la defensa de la sostenibilidad no se para en la puesta en marcha de determinado sistema técnico de producción, supone integrarse en una línea de defensa permanente de unos determinados valores ecológicos, sociales, culturales y

económicos, y este camino no es fácil y tampoco es fácil imaginar que, sin un proceso amplio y largo de concienciación puedan verse resultados inmediatos.

El papel que tenemos los investigadores y técnicos agrarios tampoco es fácil. En primer lugar, debemos asumir que sostenibilidad no significa, bajo ningún prisma, renunciar al progreso. Significa, eso sí, renunciar a determinada concepción del progreso y enfocar el trabajo futuro en otra dirección. En ciertos debates internos se plantea en ocasiones la cuestión de la inexistencia de necesidades en materia de investigación sostenible, ya que “se trata, solamente, de no hacer nada” y dejar a animales y plantas seguir los ciclos tradicionalmente conocidos. Se podría contestar a este planteamiento que, frente a la homogeneización técnica que impone la intensificación, el desarrollo de la sostenibilidad impone una concepción más amplia de la ciencia y de la técnica, un constante estudio del ser vivo a todos sus niveles y una constante integración de conocimientos y relaciones ser vivo-medio, de cara a establecer técnicas variadas, cambiantes y adaptadas a condiciones muy diversas: “La agricultura sostenible no es un camino para volver a las bajas producciones o a la miseria campesina características del siglo XIX. Por el contrario, la sostenibilidad se construye a partir de los actuales logros en materia de agricultura, adoptando un enfoque sofisticado que pueda mantener también altas producciones y rentabilidad sin destruir los recursos que son la base de la actividad agraria” (UCS, 1999).

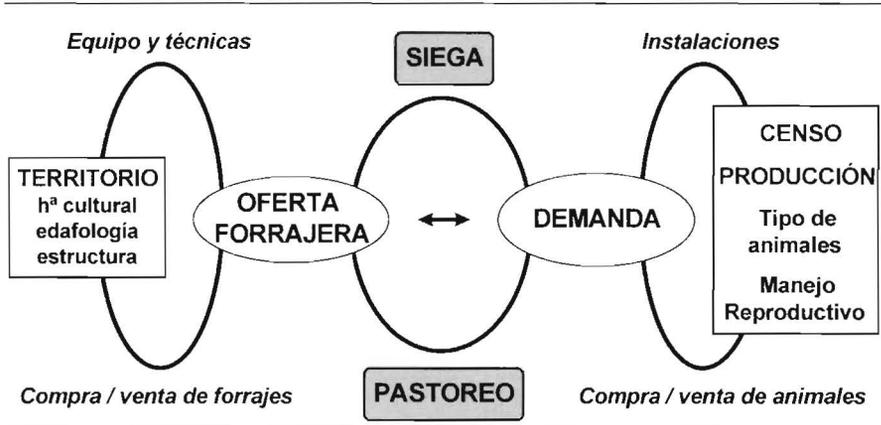
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- REVILLA,R. 2000. “Ganadería extensiva: Una apuesta por el medio ambiente”. *Albáitar*, 39: 30-32.
- D' HOUR,P., REVILLA,R., WRIGTH,I.A. 1998. Possible adjustment of suckler herd management to extensive situations. *Ann. Zootech.* 47, 453-464.
- REVILLA,R., OSORO,K. 1999. The role of livestock management in the rural evolution of the mountain areas”. *Symposium Preserving biodiversity by extensive grazing. Réseau ESPACE. Paris, 22-23 Juin 1999. Actes: 117-127.*
- CASASÚS,I., SANZ,A., VILLALBA,D., FERRER,R., REVILLA,R. 2002. “Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system”. *J. Animal Sci.* (en prensa)
- CASASUS,I., SAN JUAN,L., BERGUA,A., OLLETA, J.L., REVILLA,R. 1994. "La oveja Churra Tensina: Caracterización productiva y reproductiva". *XIX Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y caprinotecnia. Burgos. Resúmenes: 401-408.*
- VALDERRABANO,J., TORRANO,L. 2000. The potential for using goats to control *Genista scorpius* shrubs in European black pine stands. *Forest Ecology & Management.* 126: 377-383.
- REVILLA,R., D' HOUR,P., PETIT,M., THENARD,V. 1995. *Pâturage de pinèdes par des bovins.2 Rencontres-Recherches-Ruminants. PARIS.*

- CASASUS,I. 1998. "Contribución al estudio de los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas de montaña: Efecto de la raza y de la época de parto sobre la ingestión voluntaria de forrajes y los rendimientos en pastoreo". Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- CHOQUECALLATA,J. 2000. "Diversidad de sistemas de explotación ovina en el Pirineo Central: Interrelaciones entre el gradiente de intensificación reproductiva, las estrategias alimenticias y la economía de la explotación". Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra.
- CASASÚS,I., SANZ,A., BERNUÉS,A., REVILLA,R. 2002. Informe final del Proyecto INIA 9844. Datos no publicados.
- TORRANO,L. 2001. "utilización por el ganado caprino de espacios forestales invadidos por el matorral y su impacto sobre la vegetación del sotobosque". Tesis Doctoral. Universidad de zaragoza.
- REVILLA,R., BLASCO,I., SAN JUAN,L., CASASÚS,I., SANZ,A., VILLALBA,D. 2000."Manejo de rebaños de vacas nodrizas en zonas extensivas". Producción Animal 158: 66-89.
- REVILLA, R., FOLCH. 1989. Caractéristiques de la reproduction des populations ovines et caprines pyrénéennes. Agriculture. Rapport. EUR. 11893: 273-283. CEE-CIHEAM.
- SANZ,A., BERNUÉS,A., VILLALBA,D., CASASÚS,I., REVILLA,R. 2002. "Factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto en vacas nodrizas de razas Parda de Montaña y Pirenaica". Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal. (en evaluación).
- GOLD,M.V., 1999. "Sustainable Agriculture: Definitions and Terms". Alternative Farming Systems Information Center.
http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb9902.htm
- UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (UCS), 1999. Frequently Asked Questions About Sustainable Agriculture". <http://www.ucsusa.org/agriculture/sus.ag.faqs.htm>
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA SUSTAINABLE AGRICULTURE RESEARCH AND EDUCATION PROGRAM (SAREP), 1998. "What is Sustainable Agriculture?". <http://www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm>
- O'CONNELL,P.F., 1992. "Sustainable Agriculture, a Valid Alternative". Outlook on Agriculture 21 (1): 6.
- MANRIQUE,E., BERNUES,A., DE LIMA,D. 1992. "La extensificación de los sistemas ganaderos como alternativa de agricultura sostenible: condicionantes y límites. ITEA Vol Extra, 12: 272-281.
- BRU,J., 1998. "Las ciencias sociales ante la problemática medioambiental: reflexiones desde una vivencia de la geografía humana". Mientras Tanto, 34: 103-110.
- GIBON,A., 1981: "Pratiques des éleveurs et élevage dans les Pyrénées Centrales". Thèse INAPG.

Figura 1.

Funcionamiento técnico de los sistemas de producción



$$\text{DEMANDA NUTRICIONAL DEL ANIMAL} = \Sigma \text{ ingestión en pastoreo} + \text{complementación en establo o pasto} + \text{movilización de reservas corporales}$$

Gibon, 1981.

Figura 2. Evolución anual del peso de vacas explotadas en condiciones de montaña, en función de la época de parto (Casasús et al, 2002).

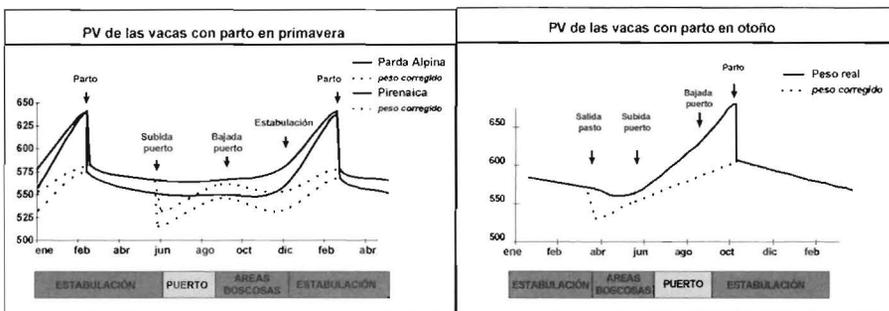


Tabla 1. Resultados productivos en rebaños ovinos pirenaicos según el nivel de intensificación (Choquecallata, 2000).

Indicador	Explotación	
	1	5
Sistema de partos	5 partos en 2 años	Tradicional
Uso del territorio	SAU explotación	SAU, comunales y puerto
Estabulación invernal	90 días	0 días
Aporte sobre necesidades de energía (%)	40,2	81,8
Kg pienso/ año	111,5	13,7
UFL aprisco/oveja/año	253,5	64,3
Productividad numérica	1,84	1,12

- dato no comparable por ser un rebaño experimental
-

Tabla 2.- Resultados comparativos del pastoreo en primavera de zonas boscosas y de la ingestión de heno en establo en ganado vacuno (Revilla et al., 1995)

Nivel de alimentación invernal	Alto		Bajo		Significación			
	Establo	Pasto	Establo	Pasto	Alto vs. Bajo	Establo vs. Pasto	vs.	vs.
Lote					***	NS		
Peso inicial (kg)	638±48	622±39	549±19	547±13	***	NS		
Ganancia de peso (kg)	12.4±5.8	7.4±3.8	50.0±7.1	41.0±3.3	***	NS		

Tabla 3.- Ingestión voluntaria y rendimientos de vacas pastando en monte o consumiendo diversos alimentos a voluntad.(Casasús, 1998).

DIETA	Monte	Heno	Paja de Cebada		Alfalfa deshidratada		Signif.	
CC inicial	> 2.5	≤ 2.5	≤ 2.5	> 2.5	≤ 2.5	> 2.5	Dieta	CCi
n	17	8	7	9	8	8		
<i>Peso</i>								
Peso inicial, kg	516.1 ^c	555.1 ^b	563.3 ^b	624.4 ^a	566.4 ^b	625.7 ^a	***	***
Peso final, kg	555.3 ^a	612.4 ^c	592.8 ^{c,d}	659.0 ^{a,b}	638.6 ^{b,c}	689.2 ^a	***	**
GMD, kg	0.750 ^{b,c}	0.895 ^{a,b}	0.462 ^c	0.540 ^c	1.129 ^a	0.992 ^{a,b}	***	NS
<i>Ingestión</i>								
kg MS /vaca/d	-	14.9 ^c	11.8 ^d	11.6 ^d	18.8 ^a	16.9 ^b	***	p=0.06
g MS/kg PV /d	-	25.8 ^b	20.6 ^c	18.1 ^d	31.2 ^a	25.7 ^b	***	***

Los valores con superíndices diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0.05).

Tabla 4.- Altura y biomasa medias de la vegetación herbácea en zonas pastadas o no por ganado vacuno. (Casasús et al. 2002)

		Np	Pasta	Sign
		pastado	do	e.s.d.
Altura herbáceas, cm	1995	7.7	6.4	0.63 NS
	1999	18.5	6.4	4.30 *
	2000	27.6	12.4	4.05 **
	2001	26.5	10.4	3.31 **
	Incremento 1995 a 2001		18.8	4.0
Disponibilidad total herbáceas, kg MS/ha	1995	501.3	417.0	41.13 NS
				280.7
	1999	1206.8	415.8	9 *
				264.5
	2000	1802.8	809.3	4 **
			216.2	
	2001	1730.0	679.3	6 **
				227.9
Incremento 1995 a 2001		1228.8	262.3	3 **
Disponibilidad materia verde herbáceas, kg MS/ha	1995	368.0	306.3	30.09 NS
				206.2
	1999	885.8	305.3	6 *
				194.1
	2000	1323.5	594.0	9 **
			158.7	
	2001	1270.3	498.5	2 **
				167.1
Incremento 1995 a 2001		902.3	192.3	7 **

Tabla 5.- Densidad de pies de arbustos y volumen individual en zonas pastadas o no por ganado vacuno (Casasús et al., 2002) .

		No Pastado	Pastado	Sign.
Nº pies de arbustos / transecto 10 m²	1995	17.3	24.8	NS
	1999	22.5	20.8	NS
	2000	26.3	23.5	NS
	2001	26.0	20.0	NS
	Incremento 1995 a 2001		8.8	-4.8
Volumen medio de los arbustos, m³	1995	0.107	0.045	NS
	1999	0.184	0.059	*
	2000	0.169	0.041	*
	2001	0.195	0.053	*
	Incremento 1995 a 2001		0.088	0.008
Volumen total de los arbustos con pie en 10 m², m³	1995	1.948	1.148	NS
	1999	4.586	1.072	*
	2000	4.746	1.158	*
	2001	5.196	1.236	*
	Incremento 1995 a 2001		3.248	0.089

Tabla 6. Evolución de la biomasa arbustiva media (kg MS/ha) a lo largo del periodo de estudio. (Casasús et al., 2002)

	No pastadas	pastadas	Sign.
1995	1901	1121	NS
1999	4477	1046	*
2000	4633	1130	*
2001	5072	1206	*
Incremento 1995 a 2001	3170	87	**

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL FLUIDO DE PORCINO COMO FERTILIZANTE DEL OLIVAR DEL BAJO ARAGÓN (CV. EMPELTRE). I.- SU EFECTO SOBRE MACRONUTRIENTES EN HOJA.

E. Monge¹, J.L. Espada², M. Ferrer¹, J. Val¹, F. Orús², M^a.S. Gracia³ y J. Betran³

1.- Estación Experimental AULA DEI. CSIC. Apdo. 202; 50080 Zaragoza

2.- Centro de Técnicas Agrarias. Diputación General de Aragón. Apartado 617. 50080-Zaragoza

3.- Laboratorio Agroambiental. Diputación General de Aragón. Apartado 727. 50080-Zaragoza

RESUMEN

Se ha evaluado el efecto fertilizante que produce la aplicación de purín o estiércol fluido de porcino durante tres años, en dos olivares (*Olea europaea* L. cv. Empeltre) con más de 90 años de edad y una densidad de 85 árboles por ha, uno de secano y el otro de regadío, comparándose con el efecto que produce el abonado tradicional con urea. Las dosis de EFP aplicadas fueron testigo(sin aportación), 15 y 30 ha⁻¹ para el olivar de secano y testigo 30 y 60 m³ ha⁻¹ para el olivar de regadío.

El estudio se ha basado en analizar el efecto que tiene los distintos tratamientos de abonado sobre las concentraciones de macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) en hojas del año muestreadas en julio, analizando su evolución desde 1998-2000 y su influencia sobre las producciones.

Los resultados obtenidos demuestran que las distintas dosis de purín aplicadas, así como el abonado con urea, no influyen ni en la concentración de los elementos estudiados en hoja ni en las producciones, al no observarse diferencias significativas en ningún caso.

INTRODUCCION

La fertilización con residuos ganaderos, estiércoles, es un método ampliamente extendido que se mantiene y conoce desde la antigüedad ya que producía mayores cosechas al mejorar la fertilidad de la tierra. En las últimas décadas, el incremento de la cabaña ganadera ha llevado un aumento de estiércoles pero no siempre con una base territorial apropiada donde aplicarlos, situación que está ocasionado graves problemas medioambientales.

En agricultura, la utilización de residuos orgánicos como fertilizantes tiene un gran interés social, económico y medio ambiental, ya que supone, por una parte un ahorro energético (eliminación parcial de fertilizantes de síntesis química) y por otra, una vía de eliminación que, utilizada adecuadamente, evitaría gran parte de los problemas contaminantes que se les atribuye. Dubois (1985) analizó el efecto fertilizante de distintos compost y de otros compuestos orgánicos demostrando sus efectos beneficiosos en los cultivos, sin embargo, la utilización de residuos orgánicos en el olivar ha sido poco investigada si exceptuamos los trabajos de Barbiris et al. (1988) que usó residuos urbanos, Tattini et al. (1990) que utilizaron residuos derivados del procesado de uvas, y Morell (1996) que ensayó con purín. En este trabajo preferimos denominar al purín como estiércol fluido de porcino (EFP) siguiendo la denominación recomendada en Aragón (BOA, 1997).

El cultivo del olivo en Aragón, ocupa una superficie de 60.186 ha, lo que representa el 2,4% de la superficie española, con solo el 15,6% en regadío. La producción media de 1992 a 1997, fue de 5.977 toneladas de aceite, (MAPA, 1994-99). Las zonas más importantes de este

cultivo en Aragón son: en Teruel (El Bajo Aragón, con la variedad "Empeltre"), Huesca (zona de Barbastro, con la variedad "Empeltre, Verdeña, Aberquina y Negral") y en Zaragoza (las comarcas de Borja y Belchite con la variedad "Empeltre" y La Almunia con la variedad "Aberquina").

La Zona de Denominación de Origen "Aceite del Bajo Aragón" con 40.744 ha de olivo en 1998 es la más importante de la región, al concentrar el 68% del total. Sus producciones medias son inferiores a 750 kg ha⁻¹ de aceituna para almazara, lo que refleja que se trata de un cultivo con baja productividad, y que las explotaciones se ven obligadas a buscar ingresos complementarios, principalmente con la ganadería, de forma especial con el porcino. La existencia cada vez mayor de explotaciones de ganadería intensiva desligada de la producción agrícola, comporta la entrada de importantes cantidades de elementos nutritivos al sistema agrario, que deberían equilibrar las exportaciones de los cultivos.

La utilización racional de los estiércoles fluidos de porcino (EFP) como fertilizante agrícola, ayudaría a una gestión más adecuada al poder disponer de una fuente importante de nutrientes para determinados cultivos.

En este trabajo se estudia la evolución anual que se produce en las concentraciones de macroelementos en hojas jóvenes en dos olivares, secano y regadío, de la variedad Empeltre, abonados con distintas dosis de EFP y urea, durante los años 1998-2000, analizando su efecto en las producciones obtenidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el efecto fertilizante del EFP se seleccionaron dos olivares (*Olea europaea* L. cv. Empeltre), uno de secano y el otro de regadío, con árboles adultos de unos 90 años de edad y una densidad de plantación de 85 árboles por ha. En cada uno de los olivares se seleccionaron aleatoriamente olivos, con un volumen de copa similar, aplicándose EFP y urea como abono. De cada una de las dosis de abonado se hicieron tres repeticiones y cada unidad experimental de muestreo estaba formada por dos olivos distintos, es decir cada dosis de ensayo estaba formada por seis olivos. En ambos olivares se ensayaron cuatro dosis: dos de EFP, otra con abonado mineral (1 kg de urea/árbol) y otra sin efectuar ninguna aportación que se utilizó como testigo (D-0). En el olivar de secano se aplicaron las dosis de 15 y 30 m³ de EFP ha⁻¹ año⁻¹ (D-15 y D-30) los últimos días de febrero o principios de marzo. En el olivar de regadío la aplicación se fraccionó en dos épocas distintas; la primera en las mismas fechas que en secano y la segunda en la primera quincena de abril, en ambas se aportaron también 15 y 30 m³ ha⁻¹ año⁻¹ para dar lugar a las dosis de D-30 y D-60.

Las muestra de hojas totalmente desarrolladas procedían de brotes del año sin fruto de alrededor de toda la copa del árbol y tomadas a la altura del hombro (Fernández, 1998 y Fernández y Sánchez, 2001). Para eliminar la posible contaminación de la superficie de las hojas, se lavaron con un cepillo suave y jabón líquido (1%), se enjuagaron con agua desionizada, se secaron y molieron. Su calcinación se realizó en un horno mufla a 550°C, utilizando ácido nítrico y clorhídrico para completar la mineralización (Jones et al., 1991 y 1994).

El análisis mineral de las muestras se realizó siguiendo los métodos del C.I.I. (1996) y Pinta and DeWele (1975). La determinación del nitrógeno total se llevó a cabo mediante un Analizador Elemental de Nitrógeno (NA 2000 CE Instruments). El fósforo se analizó por colorimetría siguiendo el método del vanadatomolibdato; el potasio por espectrofotometría de emisión; el calcio y magnesio por absorción atómica de Unicam, mod. 929.

La aplicación del EFP se realizó en abanico según el Código de Buenas Prácticas Agrarias (Orús et al., 2000) y los análisis se hicieron en campo con el método Quantofix y en el laboratorio siguiendo los métodos de (Ferrer et al., 2000 y Monge et al., 2001 y 2202).

RESULTADOS

En la tabla 1 se exponen los resultados medios obtenidos para nitrógeno, fósforo y potasio de los análisis de las muestras de EFP que se utilizaron para el abonado de los ensayos. En la tabla 2 se expresan las unidades fertilizantes de cada uno de estos elementos empleados por hectárea, así como las unidades fertilizantes por árbol.

Tabla 1.- Resultados de los análisis de muestras de estiércol fluido de porcino utilizadas en el abonado del olivar de secano y regadío durante los años 1998-2000.

	Kg m ⁻³	N-t	P	K
Valor mínimo		6,03	0,80	1,79
Valor máximo		8,31	2,00	5,53
Media		6,84	1,23	2,96
C. V.		12,38	36,44	52,75

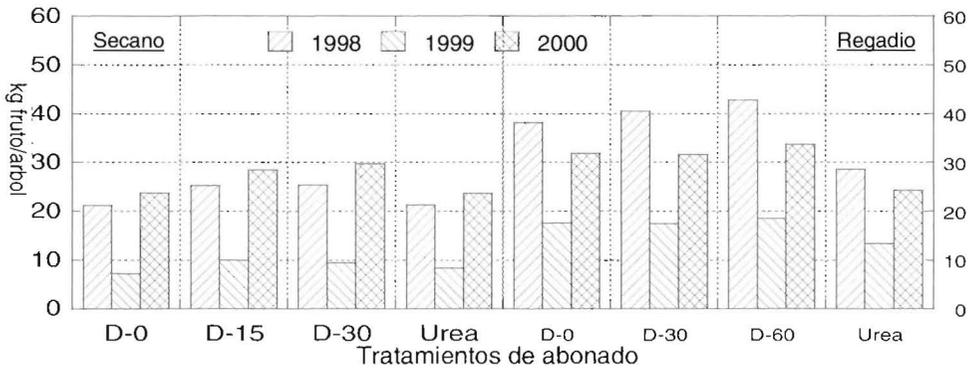
Tabla 2.- Unidades fertilizantes medias añadidas por hectárea y por olivo en el abonado del olivar de secano y regadío con EFP y urea durante los años de ensayo 1998-2000.

Dosis	Unidades fertilizantes ha ⁻¹			UF/árbol		
	N-t	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K
D-0	0	0	0	0	0	0
D-15	125	69	100	1,5	0,8	1,2
D-30	205	84	108	2,4	1,0	1,3
D-60	410	169	215	4,8	2,0	2,5
Urea	39			0,46		

En la tabla 3 se exponen los datos obtenidos indicando el número de muestras analizadas por tratamiento, sus medias y coeficientes de variación de los macroelementos analizados en hojas. En el año 1997 se planificó el ensayo y, aunque aún no se habían comenzado las aplicaciones de abonado, se tomó una muestra por tratamiento con el fin de conocer las concentraciones de partida.

En la figura 1 se exponen los gráficos de las producciones en kg de olivas por árbol, según los distintos tratamientos. Se puede observar la variabilidad existente entre las producciones según años.

Figura 1.- Producciones medias obtenidas (kg de fruto por árbol) en los olivares de secano y regadío durante los años de ensayo (1998-2000)



El análisis de comparación de medias de las producciones mediante el test de Duncan demuestra que hay diferencias significativas entre las producciones obtenidas en los años 1998 y 2000 frente a las producidas en el año 1999 que era de vecería, situación que se produce tanto en el olivar de secano como en el de regadío. Aunque existen diferencias entre las producciones en el olivar de secano y regadío, tanto en los años de producción como en descarga o vecería, a favor de una mayor producción en regadío, estas diferencias no son significativas. Tampoco se han podido detectar diferencias significativas entre tratamientos dentro de un mismo año.

DISCUSIÓN

La fertilización se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de Fernández (1998) y Pastor et al., (1996). En la tabla 2 están calculadas las unidades fertilizantes por olivo aportadas durante los años 1997-2000, tanto al olivar de secano como regadío. Si comparamos la cantidad de nitrógeno que añadimos con la urea (46 %) frente al que se utiliza cuando se abona con las distintas dosis de EFP, claramente se demuestra que estamos con un exceso de fertilización. Por regla general, cuando se abona el olivar en dicha zona sólo se utiliza urea u otro compuesto nitrogenado, pero no se añade ni fósforo ni potasio, sin embargo cuando añadimos EFP, además de las unidades de nitrógeno, se está añadiendo fósforo y potasio, así como otros elementos. Es decir estamos en un claro ejemplo de dosis excesivas de nitrógeno y de otros elementos, situación que se pretendía provocar para realizar este estudio.

Según González (1972) el olivo, por su carácter de vecería, los años sin carga muestran mayor concentración foliar de nutrientes que los que tienen cosecha. Los resultados mostrados en la tabla 3 apoyan claramente esta afirmación ya que en todos los elementos analizados su menor concentración coincide con los años de mayor cosecha (figura 1).

Los óptimos nutricionales del olivo, para muestras de hojas del año tomadas en el mes de julio, aunque varían según autores están para el N entre 1.5-2.0, P entre 0.1-0.3, para el K debe ser mayor de 0.8, para Ca mayor de 1 y para el Mg mayor de 0.1 (Jones, 1991 y Fernández, 1998). Las concentraciones de los resultados que se presentan en la tabla 3 indican que todos los elementos están dentro de la zona de óptimo nutricional a excepción del fósforo y potasio que en los años 1997 y 1998 los valores son ligeramente inferiores a los óptimos, aunque en los años siguientes parece que hay una respuesta al abonado. Esta

situación debería ser analizada independientemente ya que en el ensayo que únicamente se emplea urea estos elementos también parecen recuperados.

Por otra parte, las concentraciones de los elementos en hoja de los distintos ensayos se sometieron a un análisis de varianza, utilizando el test de Duncan, no encontrando diferencias significativas ni entre los tratamientos ni entre las dosis de EFP.

A pesar de conocerse que el nivel de fertilización tiene una gran influencia tanto en la producción como en la concentración mineral de las hojas (Marschner, 1999), los ensayos de fertilización planteados y discutidos en este trabajo no parecen responder ni a las distintas dosis de EFP, ni al distinto tipo de abono, por lo que podemos concluir que el estiércol fluido de porcino se puede utilizar para la fertilización de este tipo de olivar, tanto de secano como de regadío, a las dosis mínimas aportadas.

AGRADECIMIENTOS

Esta trabajo ha sido subvencionado por el Gobierno de Aragón con los Proyectos I+D con referencias PCA 1394 y P29/97 I. Los autores agradecen a D^a M^a A. Gracia su colaboración en los trabajos analíticos.

BIBLIOGRAFIA

- B.O.A. (Boletín oficial de Aragón) del 11 de junio de 1997.
- Barbiris, R., Bartolini, G., Nappi, P. & Tattini, M. (1988). Chemical characteristic of the substrate, fertigation and olive growth. *Acta Horticulturae* 221: 161-166.
- C.I.I. (Comité Inter-Institutos para el estudio de técnicas analíticas). (1969). Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 403-417.
- Dubois, J.P. (1985). Evolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. In: *Recherche interdisciplinaire sur la preparation de boues d'opération et sur leur utilization en agriculture*. Station de Recherches Agronomiques de Changins.
- Fernández, R. (1998). Fertilización. In: *El cultivo del olivo* (Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. Eds.) 2ª edición. Junta de Andalucía y Ediciones MundiPrensa, Barcelona.
- Fernández, R. y Sánchez, M. A. (2001): El efecto de la sobrefertilización nitrogenada en el cultivo del olivo y en la calidad del aceite. V. Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas.
- Ferrer, M., F. Orús, and E. Monge. 2000. Determinación de formas nitrogenadas en estiércol fluido de porcino (EFP) por métodos analíticos. *Anaporc* 205:86-101.
- González, G. F. (1972). Aspectos fisiológicos en la nutrición del olivar de mesa variedad "Manzanillo de Sevilla": ciclo y metabolismo de nutrientes. 3º Coll. Eur. Medit. *Control Fert. Plant. Cult.*, Budapest: 509-534
- Jones, Jr. J.B., Wolf, B., Mills, H.A. (1991). Preparations and Analysis, pp: 23-26. In: *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, Athens. Georgia 30607. USA
- Jones, B. Jr., Wolf, B. & Mills H.A. (1991). Tables of interpretative values, pp:162. In: *Plant Analysis Handbook* (Jones, B. Jr., Wolf, B. & Mills H.A. Eds.). Micro-Macro Publishing, Inc.
- Jones, B. Jr., (1994). "Plant Nutrition Manual" Micro-Macro Publishing Inc., Athens(GA). U.S.A.

- MAPA (1994). Anuario de Estadística Agraria. Madrid.
- MAPA.(1999).:Anuario de estadística agroalimentaria. Madrid.
- Monge, E., M. Ferrer, and F. Orús. (2001). Análisis físico-químico de estiércoles fluidos. I.- Materia orgánica y estimación del humus aportado. *Anaporc* 209:88-100.
- Marschner, R., (1999). In: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Cambridge. United Kingdom.
- Monge, E., M. Ferrer, and F. Orús. (2001). Análisis químico de estiércoles fluidos. II.- Su valoración agronómica como fertilizante mineral. *Anaporc* 213:12-27.
- Monge, E., M. Ferrer, J. Val, and F. Orús. (2002). Análisis químico de estiércoles fluidos. III.- Su composición en metales pesados tóxicos (Cu, Zn y Ni) y otros microelementos. *Anaporc*220, 76:91.
- Morell, S.(1996):Ensayo de fertilización con purines del olivar de la variedad Aberquina en secano. *Fruticultura Profesional*. *Nutri-Fitos*,96,103-105.
- Orús, F.; Quilez, D.; Beltrán, J.(2000):El Código de Buenas Prácticas Agrarias(I) Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos. *Informaciones Técnicas*. nº93/2000.Dto. de Agricultura. Gobierno de Aragón.
- Pastor, M; Navarro, C.; Vega, V.; Castro, J: Fertilización del olivar. *Informaciones Técnicas*:41/96,64-105. Junta de Andalucía.
- Pinta M, and DeWele G (1975) Etalons vegetaux pour l'analyse foliare. pp 159-172. In: Kozma, P. (ed.) *Le contrôle de Valimentation des plantes cultivees*. Akaderniai Kiado. Budapest.
- Tattini, M., Bertoni, P., Traversi, M. L. & Nappi, P. (1990). Waste materials as potting media in olive pot production. *Acta Horticulturae* 286: 121-124.

Tabla 3.- Evolución de los elementos analizados en hojas jóvenes desarrolladas según distintos tratamientos de abonado con EFP y urea en un olivar de secano y regadío (D-0 sin abonado, D-15 equivalente a 15 m³ha⁻¹, D-30 equivalente a 30 m³ha⁻¹ y D-60 equivalente a 60 m³ha⁻¹)

		Nitrógeno				Fósforo				Potasio				Calcio				Magnesio			
		1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
SECANO																					
	Nº muestras	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3
D-0	Mean	1,68	1,50	1,74	1,67	0,19	0,07	0,13	0,12	0,50	0,48	0,88	0,64	1,26	1,98	1,17	1,99	0,24	0,23	0,65	0,27
	CV	0,00	5,59	5,12	8,14	0,00	2,34	3,89	11,60	0,00	31,47	25,79	47,16	0,00	6,21	13,77	19,18	0,00	8,77	56,00	5,81
D-15	Mean	1,96	1,65	1,81	1,74	0,19	0,09	0,14	0,13	0,87	0,62	1,26	0,96	1,48	1,91	1,08	1,95	0,26	0,28	0,62	0,27
	CV	0,00	3,48	9,01	4,14	0,00	4,14	8,20	7,39	0,00	3,02	2,84	1,49	0,00	11,29	6,01	13,27	0,00	31,13	56,74	13,02
D-30	Mean	1,99	1,54	1,75	1,76	0,20	0,08	0,13	0,12	1,01	0,59	1,17	1,02	1,63	2,29	1,01	2,12	0,28	0,31	0,87	0,25
	CV	0,00	9,98	6,51	2,16	0,00	5,01	8,94	14,00	0,00	17,32	7,72	17,92	0,00	8,15	7,22	6,10	0,00	29,53	23,25	11,13
Urea	Mean	1,66	1,63	1,63	1,61	0,18	0,08	0,11	0,11	0,76	0,57	1,01	0,84	1,42	2,10	1,42	2,17	0,26	0,29	0,76	0,31
	CV	0,00	2,25	5,84	12,12	0,00	3,08	18,44	3,52	0,00	33,08	18,11	22,08	0,00	14,28	23,10	9,22	0,00	33,30	45,64	39,52
REGADIO																					
D-0	Mean	1,37	1,55	1,32	1,55	0,18	0,09	0,11	0,13	0,57	0,65	0,86	0,95	0,88	1,80	1,32	1,72	0,33	0,28	0,18	0,24
	CV	0,00	8,35	8,02	6,01	0,00	2,90	8,27	6,33	0,00	16,76	6,10	6,79	0,00	3,14	14,71	9,60	0,00	32,47	32,16	26,68
D-30	Mean	1,32	1,80	1,56	1,56	0,18	0,11	0,12	0,11	0,63	0,80	1,26	1,33	0,75	1,75	1,00	1,73	0,32	0,25	0,15	0,23
	CV	0,00	9,47	2,39	10,07	0,00	7,54	8,14	6,79	0,00	10,17	22,37	2,80	0,00	4,34	3,41	9,35	0,00	10,33	39,60	11,28
D-60	Mean	1,48	1,93	1,63	1,48	0,20	0,09	0,12	0,12	0,88	0,82	1,34	1,47	0,74	1,44	1,06	1,52	0,35	0,28	0,17	0,21
	CV	0,00	2,25	2,39	4,78	0,00	8,41	2,59	14,43	0,00	9,90	7,24	5,80	0,00	13,05	8,74	0,55	0,00	10,17	7,28	12,84
Urea	Mean	1,38	1,67	1,38	1,77	0,18	0,10	0,10	0,13	0,66	0,83	1,03	1,38	0,72	1,67	1,65	1,53	0,33	0,21	0,11	0,10
	CV	0,00	6,39	16,51	6,21	0,00	20,04	15,11	12,85	0,00	15,54	6,36	7,15	0,00	5,02	17,98	7,58	0,00	31,94	28,25	34,57

INCIDENCIA DEL PASTOREO CAPRINO EN LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGROSILVOPASTORALES¹

L. Torrano, J. Valderrábano,

Dpto. Tecnología en Producción Animal. SIA-DGA. Apdo.727. 50080 Zaragoza.

RESUMEN

La introducción del ganado caprino en áreas boscosas como herramienta para el desarrollo de sistemas pastorales sostenibles precisa información sobre las interacciones animal/planta que ayude a la gestión de dichos espacios. En este contexto, el presente trabajo fue realizado en una ladera repoblada con *Pinus nigra* en el Pirineo oscense con objeto de cuantificar las modificaciones en calidad y composición de la comunidad herbácea del sotobosque y su incidencia sobre la vegetación arbórea tras dos años de utilización por el ganado caprino según la estación de pastoreo y la densidad de carga.

Los resultados obtenidos evidenciaron una espectacular disminución del material fácilmente combustible (pinaza y materia herbácea muerta) y un efecto positivo del pastoreo sobre la calidad del estrato herbáceo, tanto en su contenido en proteína bruta como en su digestibilidad que se incrementaron, además, con la densidad de carga. Asimismo, la utilización de la vegetación por el ganado caprino introdujo cambios significativos en su composición florística y la comunidad vegetal evidenció un incremento tanto en la riqueza específica (14 vs. 11 especies) como en la diversidad del estrato herbáceo en las parcelas pastadas (0,89 vs. 0,72), parámetros que no se vieron afectadas por la densidad de carga o la estación de pastoreo. Por otra parte, la longitud de los brotes de pinos parecen sugerir un efecto positivo del ganado caprino manejado a baja densidad de carga mientras que, cuando la carga ganadera es alta, los efectos del pastoreo no resultaron tan evidentes.

Los resultados obtenidos indican que la introducción del ganado caprino en espacios forestales invadidos por matorral conlleva un efecto positivo en el estrato inferior del sotobosque sin efectos, cuando menos, lesivos para el estrato arbóreo desarrollado.

INTRODUCCION

El abandono del pastoreo en áreas boscosas de las “zonas intermedias” entre los pastos de fondo de valle y los de puerto ha supuesto la evolución de la flora hacia especies de escaso valor pastoral, a una proliferación de la vegetación arbustiva y al aumento del material muerto en el estrato inferior del sotobosque, con la consiguiente disminución de la calidad nutritiva del pasto en unos espacios que juegan un papel importante en la ampliación del periodo de pastoreo del ganado de montaña (Revilla et al., 1991).

El pastoreo controlado de estas zonas con ganado caprino podría ser beneficioso para el bosque al contribuir tanto al reciclaje de nutrientes y con ello al aumento de su productividad, como a la disminución del material combustible reduciendo el riesgo de incendios (Liacos, 1990). Sin embargo, la combinación de los efectos directos e indirectos del pastoreo sobre el crecimiento y la reproducción de las plantas se podrían manifestar, con el tiempo, en la dinámica de la población vegetal mediante efectos sobre la nascencia, densidad y mortalidad, y causar cambios direccionales en la estructura y composición de la comunidad de forma no reproducible en ensayos de siega (Archer y Smeins, 1991), lo que exige conocer tales efectos para evitar desviarse de los objetivos de gestión previstos mediante el manejo del pastoreo.

¹ Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA SC93/052

La introducción de cabras como sistema de control de leñosas unida a un pastoreo mixto con otras especies, antropogenéticamente dirigidos dentro de la hipótesis de la disturbancia intermedia, podría facilitar la creación de una vegetación en mosaico que aumentaría la riqueza y la biodiversidad en el conjunto del paisaje, favorecería el hábitat para muchas especies de vida salvaje y permitiría mejorar la nutrición del ganado e incrementar el valor de las diferentes superficies de pasto. Sin embargo, el principal inconveniente que presenta la introducción de cabras se debe a la mala reputación que posee esta especie como resultado del daño que pueden causar a la vegetación leñosa mediante el ramoneo (Osoro y Martínez, 1995).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar posibles cambios que la densidad de carga y la época de pastoreo podían introducir en la calidad y composición de la comunidad herbácea bajo un pinar de repoblación tras 2 años de utilización por el ganado caprino y su incidencia sobre el crecimiento de la vegetación arbórea.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en una ladera repoblada con *Pinus nigra* sobre un aphyllantion de la solana del valle de la Garcipollera (Huesca), situado a una altitud de 920 m y con una pluviometría anual de 1100 mm. La vegetación del sotobosque presenta en la actualidad un recubrimiento arbustivo de un 37% donde *G. scorpius* y *Buxus sempervirens* son las especies más frecuentes.

El área de estudio (1,8 Has) fue dividida en dos parcelas iguales que fueron utilizadas durante 6 semanas en primavera y otras 6 en otoño por dos lotes de cabras Blanca Celtibérica a una densidad de carga de 9 y 18 cabras/ha. Cada una de estas parcelas fue dividida, a su vez, en 3 subparcelas a fin de independizar los efectos del pastoreo de primavera (P), otoño (O) y de ambas estaciones (P-O) para las densidades de carga establecidas. Al inicio de cada estación de pastoreo durante 2 años consecutivos de pastoreo y 1 de reposo, se recogió toda la materia vegetal contenida en 4 marcos de 0,25 m² distribuidos al azar por subparcela. Posteriormente, cada muestra fue separada en materia verde, materia muerta y pinaza que fueron desecados en estufa a 60°C a peso constante para determinar la calidad y evolución de dichos componentes.

El efecto del pastoreo caprino sobre la composición florística del estrato herbáceo fue evaluado en primavera, tras dos años de pastoreo mediante el método de intersección puntual (Daget y Poissonet, 1971) en secuencias de puntos de contacto cada 20 cm sobre 3 transectos de 20 m trazados perpendicularmente a las curvas de nivel por tratamiento y otros 7 transectos alrededor del área experimental tomados como referencia de las zonas no utilizadas por el ganado.

La contribución específica por presencia de las diferentes especies vegetales se determinó a partir de la relación entre el número de contactos de cada especie respecto a la suma de contactos de todas las especies censadas en los 100 puntos muestreados/transecto. La riqueza específica y la diversidad herbácea fueron estimadas a partir del número de especies herbáceas presentes en cada transecto y el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \times \log p_i$, siendo p_i el número de contactos de la especie i en relación con el número total de contactos herbáceos), respectivamente.

Las consecuencias de la utilización del monte por el ganado caprino en el crecimiento arbóreo se valoraron a partir de la longitud total, la longitud verde, es decir, provista de acículas, y del número de unidades de tallo en brotes del tercer verticilo tras dos años de pastoreo en 10 pinos distribuidos al azar por cada tratamiento de pastoreo y 20 pinos en la zona no pastoreada. El muestreo se realizó sobre pinos de una altura similar con el fin de

evitar posibles diferencias asociadas al tamaño de los árboles, cortando las ramas laterales a ras del tronco mediante una tijera con pértiga telescópica.

Los datos fueron analizados mediante un análisis factorial-jerarquizado en el que, la densidad de carga (9 y 18 cabras/ha) y la estación de pastoreo (P, P-O, O) fueron jerarquizados al efecto pastoreo (pastoreo o no pastoreo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras 2 años de pastoreo con ganado caprino se observó una espectacular disminución ($P < 0.001$) tanto de la pinaza como del material herbáceo senescente lo que supuso un significativo aumento de la proporción de materia herbácea verde a la biomasa herbácea total (Tabla 1). La espectacular reducción en la cantidad de pinaza acumulada se debió, al menos en parte, a la ingestión tanto de pinaza y al ramoneo de los pinos, constatado en observaciones de comportamiento (Torrano et al., 1995), así como a otros factores no cuantificados como el pisoteo que puede incorporar al suelo cantidades considerables de pinaza (Tsiouvaras et al., 1989). Mientras que la densidad de carga mostró un efecto claro ($P < 0.001$) en la eliminación de materia herbácea muerta, la heterogeneidad de la distribución de la pinaza en las parcelas no permitió evidenciar diferencias significativas en la cantidad eliminada de este material con la época de pastoreo.

Tabla 1. Efecto del pastoreo (Past) y de la densidad de carga (DC) sobre la calidad y composición del estrato herbáceo.

	Densidad de Carga			Past.	DC
	NP	Baja	Alta		
M. Verde/M. Total (%)	47.3 ^c	72.6 ^b	87.0 ^a	***	***
Pinaza (Kg MS/ha)	2800 ^a	1071 ^b	975 ^b	***	NS
PB (%)	6.8 ^c	8.2 ^b	9.7 ^a	***	*
FND (%)	68.8	71.7	68.8	NS	NS
DMS (%)	44.1 ^b	44.5 ^b	52.1 ^a	&	*
Riqueza específica	11 ^b	15 ^a	13 ^{ab}	*	NS
Diversidad	0.72 ^b	0.91 ^a	0.87 ^a	**	NS

&; $P=0.087$

Junto a la reducción de la materia herbácea muerta como consecuencia del pastoreo, se observó un efecto positivo sobre la calidad del material herbáceo (contenido en PB y digestibilidad *in vitro* de la MS). Este efecto del pastoreo sobre la calidad de la materia herbácea coincide con el incremento observado por Baker y Leaver (1986) en la digestibilidad y PB de la vegetación al aumentar la intensidad de pastoreo que podría estar relacionado con un aumento en la disponibilidad de nutrientes resultante de una mayor tasa de reciclaje a través de las deyecciones y el pisoteo del ganado (Tsiouvaras et al., 1989).

Los resultados del estudio de la composición florística indican que el pastoreo caprino redujo significativamente ($P < 0.01$) la contribución de *Carex* sp. (8.2 vs 18.7%) aumentando la de gramíneas (67.5 vs 59%) y “otras” herbáceas (24.3 vs 22%), en contradicción con los datos de Ferrer (1996) en pastos arbolados de la Navarra Media probablemente debido a que fueron utilizados por una especie animal menos selectiva como es el vacuno. El pastoreo de primavera mostró un aumento en la contribución por presencia de *B. retusum* en relación al pastoreo de otoño (30.8 vs 6.9%) probablemente debido a que en primavera hay una selección

hacia el fruto de otras gramíneas más apetecibles mientras que los pastoreos de otoño les permite semillar, aumentando su contribución relativa. Por otra parte, la comunidad vegetal evidenció un incremento tanto en la riqueza específica (nº de especies) como en la diversidad del estrato herbáceo en las parcelas pastadas (Tabla 1). Este efecto del pastoreo ha sido observado previamente por otros autores (McNaughton, 1993; Ferrer *et al.*, 1997) y parece ser el resultado de una reducción en la capacidad competitiva de las especies dominantes y la creación de huecos o “calvas” disponibles para la ocupación por otras especies (Huston, 1979; Archer y Smeins, 1991). Este aumento en la diversidad con el pastoreo tendría consecuencias positivas sobre la comunidad vegetal, ya que se ha comprobado que la estabilidad y la productividad primaria en comunidades vegetales más diversas es más resistente y flexible a las perturbaciones que en el caso de comunidades pobres en especies (Tilman y Downing, 1994).

El análisis de los datos relativos al estrato arbóreo no puso en evidencia la existencia de diferencias significativas entre tratamientos ni en la longitud total ni en el número de acículas de los brotes del año previo a la introducción del ganado. Tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) atribuibles al efecto del pastoreo, densidad de carga o época de pastoreo sobre el número de unidades de tallos en los brotes del primer y segundo año de pastoreo. El pastoreo, sin embargo, afectó al desarrollo de los pinos. Durante los dos años de pastoreo, la longitud de los brotes (Figura 1) resultó significativamente ($p < 0,01$ y $p < 0,05$) afectada por la densidad de carga. La longitud de los brotes de los pinos tras el primer año de pastoreo en las parcelas pastoreadas a baja densidad de carga ($28,9 \pm 0,92$ cm) resultó significativamente superior ($p < 0,01$) tanto a la registrada en la zona no pastada ($24,2 \pm 1,13$ cm) como a la de las parcelas aprovechadas a alta densidad de carga ($24,7 \pm 0,92$ cm), observándose un efecto similar en la longitud total de los brotes del siguiente año de estudio. La longitud de los brotes, sin embargo, no estuvo afectada ($p > 0,05$) por la estación de pastoreo. La longitud verde de los brotes presentó la misma evolución que la observada para la longitud total con el pastoreo.

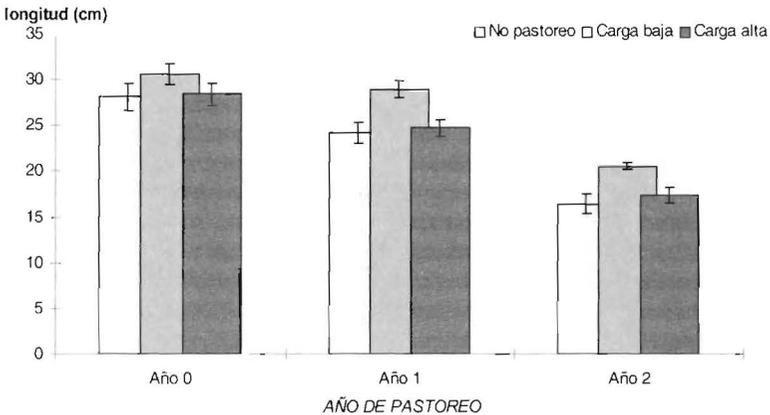


Figura 1. Evolución de la longitud total de los brotes de pinos en función de la densidad de carga

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la longitud de brotes parecen sugerir un efecto positivo del ganado caprino manejado a baja densidad de carga sobre el crecimiento de una plantación de pino laricio establecido hace 30 años. Puesto que la longitud del brote

depende del número de unidades de tallo formadas en las yemas el año anterior (condiciones del año $n-1$) y de su elongación ese mismo año (condiciones del año n), el efecto del pastoreo sobre la longitud de los brotes parece ser debido a la variación de su elongación como resultado de la modificación de las condiciones de crecimiento de los pinos ya que el número de unidades de tallo no estuvo afectada por los tratamientos de pastoreo. El efecto beneficioso del ganado caprino sobre el crecimiento de los brotes en el tratamiento de baja densidad de carga podría ser atribuido a una reducción en la competencia de la vegetación asociada al aclareo del sotobosque (McLean *et al.*, 1986; Karl y Doescher, 1993), la mejora en las relaciones de agua de los pinos (Doescher *et al.*, 1989), la redistribución de los compuestos fotoasimilados o bien a un incremento en el ritmo de reciclado de nutrientes con el pastoreo (Floate, 1981; Archer y Smeins, 1991; Chapin *et al.*, 1995). Sin embargo, cuando la carga ganadera utilizada es alta, los efectos del pastoreo no resultaron tan evidentes, probablemente debido a un estrés hídrico asociado a una mayor denudación del suelo (Archer y Smeins, 1991; Milton, 1995b; Pell, 1999).

Los parámetros medidos en este ensayo fueron estudiados para constatar hasta qué nivel los efectos del ganado caprino pueden resultar beneficiosos o no sobre el estrato arbóreo. La utilización de cabras como sistema de control de la biomasa de sotobosque puede ser ciertamente cuestionada en plantaciones de pinos jóvenes ya que la altura de ramoneo alcanzó 1,8 m, lo que podría afectar negativamente a su crecimiento (Pearson *et al.*, 1990; Case y Hauffman, 1997). Los resultados de este estudio, sin embargo, revelan que el pastoreo caprino no presenta, cuando menos, consecuencias deletéreas sobre el crecimiento de pinos en poblaciones adultas e incluso resulta positivo cuando se aprovecha a baja densidad de carga resultando, en consecuencia, compatible con la producción maderera. No obstante, el período de estudio puede considerarse breve por lo que serían necesarios estudios a más largo plazo para encontrar diferencias y resultados más concluyentes.

Los resultados obtenidos ponen en evidencia el importante papel del pastoreo caprino en la reducción del material fácilmente combustible, aumento de la biodiversidad de los recursos naturales y la mejora de la calidad del pasto disponible en el trato inferior del sotobosque en zonas forestales degradadas por ausencia del pastoreo, sin efectos cuando menos lesivos para el estrato arbóreo desarrollado.

BIBLIOGRAFÍA

- Archer, S., Smeins, F.E. 1991. *Grazing Management. An ecological perspective*. 259 pp, Timber Press, Portland (Oregon), pp. 109-133.
- Baker, A.M.C., Leaver, J.D. (1986). *Grass For. Sci.*, 41: 333-340.
- Case, R.L., Hauffman, J.B. 1997. *Northwest Sci.*, 71: 115-126.
- Chapin, F.S., Shaver, G.R., Giblin, A.E., Nedelhoffer, K.J., Laundre, J.A. 1995. *Ecology*, 76: 694-711.
- Daget, Ph., Poissonet, J. 1971. *Ann. Agron.*, 22: 5-41.
- Doescher, P.S., Tesch, S.D., Drewien, W.E.. 1989. *Northwest Sci.*, 63: 232-240.
- Ferrer, C., Ferrer, V., Broca, A., Maestro, M. 1997. *XXXVII Reunión Científica de la SEEP*, Sevilla-Huelva, 123-131.
- Ferrer, V. 1996. Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, 452 pp.
- Floate, M.J.S. 1981. *Ecol. Bull.*, 33: 585-601.
- Huston, M. 1979. *Am. Nat.*, 113: 81-101.
- Karl, M.G., Doescher, P.S. 1993. *For. Sci.*, 39: 405-418.
- Liacos, L. 1990. *Int. Meet. Equil. Ambient. Reg. Medit.*, Palermo. pp 1-25.

- McLean, A., Wikeem, S.J., Clark, M.B. 1986. *Research note N° 101*, British Columbia Ministry of Forestry pp. 21.
- McNaughton, S.J. 1993. *Ecol. Applic.*, 3: 17-20.
- Milton, S.J. 1995. *J. Appl. Ecol.*, 32: 145-156.
- Osoro, K., Martinez, A. 1995. *Eur. Fin. Netw. Accas. Publ.*, N°3: 109-125.
- Pearson, H.A., Baldwin, V.C., Bamett, J.P. 1990. *Agrofor. Syst.*, 10: 161-168.
- Pell, A.N. 1999. En "*Agroforestry in sustainable agricultural systems*". CRC Press. Pp.33-45.
- Revilla, R., Olleta, J.L., Alberti, P., Blasco, I., Sanjuan, L. 1991. ITEA vol Extra 11:298-300.
- Tilman, D., Downing, J.A. 1994. *Nature*, 367: 363-365.
- Torrano, L., Madrigal, I., Valderrábano, J. 1995. ITEA vol Extra 16: 186-188.
- Tsiouvaras, C.N., Havlik, N.A., Bartolome, J.W. 1989. *Forest Sci.*, 35: 1125-1131.

EL PAPEL DE LA SANIDAD ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE¹

J. Uriarte, J. Valderrábano.

Unidad de Sanidad Animal, Servicio de Investigación Agroalimentaria, Gobierno de Aragón.
Apdo. 727, 50080 Zaragoza. e-mail: juriarte@aragob.es

INTRODUCCIÓN

La Sanidad Animal ha contribuido de manera importante al fuerte incremento experimentado por la producción animal en la segunda mitad del siglo pasado mediante un control cada vez más eficaz de las enfermedades del ganado. Sin embargo, las ventajas que ofrecen los fármacos frente a otras alternativas de control – amplio espectro de actividad, facilidad de empleo y bajo coste – ha motivado que la lucha y el control de las enfermedades del ganado hayan descansado casi exclusivamente en el empleo de quimioterapéuticos, dejando de lado medidas útiles de tipo sanitario y no explorando nuevas vías de control menos dependientes de los aportes químicos.

La situación expuesta ha comenzado a cambiar desde que en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, se recogía la necesidad de fomentar la lucha integrada contra las enfermedades con el fin de eliminar la dependencia excesiva de productos químicos de síntesis en el control, y se instaba a los gobiernos a promover la aplicación de la biotecnología al desarrollo de resistencia a las enfermedades y al perfeccionamiento de las técnicas de diagnóstico y vacunación, con miras a prevenir la propagación de enfermedades.

En consecuencia, en los últimos años ha surgido un interés creciente por estudiar nuevos métodos de lucha y control de las enfermedades que minimizando la utilización de quimioterapéuticos, contribuyan al desarrollo sostenible de los sistemas ganaderos. Este interés ha sido particularmente notorio en la prevención de los parásitos de los rumiantes por tres motivos fundamentales: 1) los herbívoros y especialmente los rumiantes son las especies que más deben contribuir a la sostenibilidad de los sistemas; 2) en tales sistemas los parásitos constituyen la patología más limitante para su desarrollo y mantenimiento; 3) en la actualidad existen graves problemas derivados del empleo reiterativo de antiparasitarios.

El presente trabajo trata de revisar brevemente la problemática planteada por el uso reiterativo de antiparasitarios en el control de los parásitos de los rumiantes así como las diferentes opciones de control actualmente exploradas y los principales avances adquiridos en cada una de ellas.

Problemas derivados del uso reiterativo de antiparasitarios

La quimioterapéutica antiparasitaria juega una parte importante en la eficiencia de los sistemas productivos y sin duda en el futuro deberá seguir jugándola, sin embargo es preciso considerar los problemas de resistencia, residuos en los productos y contaminación medioambiental que su empleo entraña y que adquiere importancia capital en la producción animal sostenible.

1) Resistencia a antiparasitarios. El fenómeno de resistencia a los antiparasitarios constituye en la actualidad una de las mayores amenazas para las ganaderías de pequeños rumiantes de todo el mundo (Waller, 1997) y es uno de los problemas limitantes del

¹ Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los Proyectos INIA SC00-060 y E.V. QLRT-2000-01843 de la Unión Europea

desarrollo ganadero sostenible. En efecto, la resistencia de los parásitos a los fármacos incrementa los costes de producción, reduce la eficiencia del sistema productivo, agota las reservas de herramientas efectivas de control e incrementa el riesgo de contaminación medioambiental como consecuencia del aumento de las dosis y frecuencia de administración, que la disminución de eficacia obliga a realizar para mantener la producción (Donald, 1994).

En los nematodos gastrointestinales el problema es general en todas las áreas de producción de ovinos y caprinos aunque ha adquirido proporciones dramáticas en Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y algunos países de Sudamérica como Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, donde los dos grupos más comunes de antihelmínticos, benzimidazoles e imidazotiazoles, han dejado de ser efectivos y las resistencias a las lactonas macrocíclicas son cada vez más extendidas (Waller, 1997). La situación es menos aguda en Europa, aunque han sido citados casos de resistencias a los antihelmínticos en la mayoría de los países de la UE (Coles et al., 1994) incluido España (Requejo Fernández et al., 1997).

Entre los ectoparásitos también se han observado fenómenos de resistencia a los antiparasitarios, aunque no alcanzan la trascendencia de los anteriores. Quizá uno de los más importantes sea el observado en Australia, Sudáfrica y Sudamérica con la garrapata de los bovinos *Boophilus microplus* que se muestra resistente a la mayoría de los acaricidas y solamente las lactonas macrocíclicas son efectivas (Nolan et al., 1989). Así mismo en Australia, Sudáfrica y USA se han indicado resistencias en algunas moscas como *Lucilia cuprina* y *Haematobia irritans* (mosca de los cuernos) a organoclorados (ahora prohibidos), organofosforados y piretrinas sintéticas.

2) Residuos en los productos. Los residuos químicos en los alimentos se han convertido en una de las mayores preocupaciones de la sociedad y ha surgido una poderosa corriente para reducir los aportes químicos en la agricultura. Actualmente es un hecho que los consumidores han incrementado la demanda de alimentos libres de contaminantes de cualquier clase, sean o no perjudiciales.

En el caso de los antihelmínticos, los residuos no son un problema grave pues la toxicidad para los mamíferos es baja, no obstante es preciso mantener los períodos de supresión para el consumo prescritos para cada producto y que generalmente son inferiores a un mes. Es evidente que el riesgo de encontrar residuos en la carne es mínimo pues los tratamientos cercanos al sacrificio no son normales. Por el contrario en el caso de las hembras lactantes los tratamientos antiparasitarios constituyen un serio problema dado que los antihelmínticos o sus metabolitos pueden ser excretados en la leche que se destina al consumo humano. Mención especial requieren los benzimidazoles y sus precursores (probenzimidazoles) por sus conocidos efectos teratogénicos a dosis no maternotóxicas (Delatour y Parish, 1986), así como por su actividad antifúngica de importancia en la industria quesera.

El problema es todavía menos significativo con los antiparasitarios externos desde que se prohibieron los organoclorados y los residuos en los alimentos de origen animal son muy bajos. No obstante es preciso reseñar, que se han observado cantidades significativas de residuos en lana bruta cuando se realizan tratamientos insecticidas para el control de los ectoparásitos en períodos próximos al esquila (Donald, 1994).

3) Contaminación medioambiental: En general el impacto los compuestos utilizados en el control de helmintos sobre el medioambiente es considerado de poca importancia porque ya sean los productos activos o sus metabolitos son excretados en las heces con lo que queda limitada su difusión en el medio. De los diferentes antihelmínticos disponibles tan solo las lactonas macrocíclicas presentan efectos adversos sobre la fauna colonizadora de las boñigas de los bóvidos (Floate, 1998). Este efecto negativo es consecuencia del amplio espectro de actividad de las lactonas y su amplitud parece estar relacionada con la vía de administración del preparado

y con los excipientes utilizados, de modo que en las formulaciones orales cuya absorción y eliminación es rápida, las consecuencias son más pasajeras que en formulaciones inyectables o pour-on destinadas a promover absorciones lentas y períodos de acción prolongados (Wardhaugh et al., 1993).

En los ectoparásitos pese a que en ocasiones se utilizan los mismos principios activos que para el control de las plagas vegetales, por ejemplo los insecticidas, sin embargo el impacto medioambiental producido es menor debido a que la aplicación es mucho más localizada. No obstante existen algunos hechos que son motivo de preocupación, tal es el caso de la contaminación de los efluentes tras el lavado de lanas procedentes de animales tratados y los focos de contaminación que representan los lugares donde se practican los tratamientos. Especial mención requiere el uso de piretrinas de consecuencias nefastas para la fauna acuícola.

Nuevas estrategias de control

Pese a que en los últimos años la investigación ha aportado algunas soluciones innovadoras para minimizar la utilización de fármacos en el control de los parásitos, a menudo las opciones seguidas constituyen una recuperación de métodos ya conocidos desde hace tiempo pero que la eficacia de la lucha quimioterapéutica había relativizado.

Las diferentes estrategias de control barajadas responden a los objetivos siguientes:

- Racionalización en la utilización de los tratamientos antiparasitarios.
- Aumento de la resistencia de los animales a la infección.
- Reducción de la contaminación parasitaria del medio.

1) Racionalización en la utilización de los tratamientos antiparasitarios.

Aunque en la actualidad la industria farmacológica mantiene viva la prospección de principios activos con actividad antiparasitaria, es poco probable que en un futuro próximo aparezcan en el mercado nuevas moléculas para luchar contra los parásitos. Razones de tipo económico y estructural de la industria farmacéutica actual permiten hacer esta previsión. En efecto, la escalada constante de los costos de investigación y desarrollo de nuevas drogas, cifrada a principios de la década de los 90 en 230 millones de US\$ (McKellar, 1994), en un proceso que puede durar más de 10 años desde que se descubre un candidato hasta que se sitúa en el mercado, constituye una inversión arriesgada y por consiguiente un fuerte freno para el desarrollo. Además la transformación ocurrida en la industria farmacéutica en los últimos años hacia la consolidación e integración ha afectado en cierta forma la investigación de nuevos compuestos eficaces.

La mayoría de las investigaciones realizadas en el campo de la terapéutica antiparasitaria tratan de mejorar la eficacia de los fármacos existentes y de prevenir y luchar contra el desarrollo de la resistencia. Estos trabajos, que se apoyan en un mejor conocimiento de la fisiología digestiva de los rumiantes, de la farmacología de los antihelmínticos y de la epidemiología de la infección, han logrado avances importantes a través de nuevas formulaciones que aumentan la biodisponibilidad de los principios activos (García et al., 1999) y mediante la utilización racional de los tratamientos.

Algunos programas de desparasitación actualmente utilizados como por ejemplo los denominados Wormkill, Drenchplan y Famacha desarrollados en Australia y Sudáfrica (Dash et al., 1985; Vatta et al., 2001), se basan en los trabajos anteriores y han demostrado a gran escala su eficacia para controlar los parásitos y para prevenir la aparición de resistencias en los rebaños. En su planteamiento contemplan los siguientes puntos:

- Reducir la frecuencia de tratamientos anuales con objeto de disminuir la presión de selección de cepas resistentes.
- Conservar en los rebaños poblaciones de parásitos sensibles a los antihelmínticos para que diluyan los genes que codifican el carácter resistencia.
- Utilizar correctamente los antihelmínticos.

2) Aumento de la resistencia de los animales a la infección.

Una de las estrategias de control más ampliamente explorada en los últimos años consiste en fomentar la resistencia de los animales a la infección parasitaria. Diferentes líneas de actuación están siendo consideradas: vacunación, selección genética para resistencia e interacción resistencia-alimentación.

• Vacunación

En las dos últimas décadas se han realizado numerosos estudios encaminados al conocimiento de la respuesta inmune de los rumiantes en las infecciones por helmintos, con objeto de aplicarlos a mejorar el diagnóstico y sobre todo la profilaxis mediante vacunas. Sin embargo, los avances logrados no han sido especialmente espectaculares y tan solo una vacuna viva atenuada frente a la Dictyocaulosis Bovina ha sido comercializada por el momento. No obstante, pese a la complejidad de los fenómenos biológicos estudiados y las dificultades tecnológicas encontradas, recientes avances en el conocimiento de los antígenos parasitarios, han permitido generar algunas expectativas.

En la profilaxis vacunal de los nematodos gastrointestinales los resultados más alentadores se han obtenido con *Haemonchus contortus*, a partir de los denominados “antígenos ocultos” (Munn, 1997). Con este término se definen aquellas fracciones antigénicas del parásito que normalmente no están expuestas al sistema inmune del hospedador y que por tanto no inducen una respuesta natural del animal parasitado. En consecuencia, los parásitos no han desarrollado en el curso de su evolución ningún mecanismo que les permita evadir la posible respuesta del hospedador dirigida hacia esos antígenos, con lo que su capacidad protectora permanece intacta.

El antígeno más estudiado de *H. contortus* corresponde a una fracción proteica de las microvellosidades del intestino del parásito que por su localización corresponde a la definición anterior de antígeno oculto. El grado de protección alcanzado es del orden del 75% respecto a la instalación de vermes, con reducciones en torno al 90% en la excreción fecal de huevos (Munn, 1997; Ruiz et al., 2001). Los mecanismos inmunológicos que generan esta protección no están claramente establecidos, aunque el nivel de protección esta directamente correlacionado con la tasa de anticuerpos específicos circulantes y con la respuesta celular (Munn, 1993; Domínguez et al., 1999).

A pesar de los buenos resultados experimentales obtenidos con *H. contortus*, el desarrollo de vacunas para nematodos gastrointestinales debe contemplarse con un optimismo moderado. Los resultados positivos frente a *Haemonchus* no pueden ser extrapolables al resto de los nematodos gastrointestinales. Mientras que la nutrición de este género es hematófaga, lo que podría favorecer un estrecho contacto entre los antígenos y los mediadores sanguíneos de la respuesta del hospedador vacunado, el resto de géneros (*Teladorsagia*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*), tienen nutrición histofaga que podría relativizar la eficacia de las vacunas.

Por otro lado, una de las características más comunes de las infecciones por nematodos gastrointestinales es el poliparasitismo, siendo habitual que un animal presente una infección simultánea de los diferentes órganos digestivos por varias especies parásitas. En

consecuencia, la vacuna ideal debería de ser polivalente y lamentablemente por el momento, no ha sido identificado ningún antígeno que sea común a los principales géneros patógenos.

Por último, el desarrollo y comercialización de vacunas depende directamente de la obtención en masa de antígenos protectores, lo que supone necesariamente la producción de vacunas recombinantes. La naturaleza glicoproteica de los antígenos incriminados complica en gran manera esta producción en masa.

• Selección genética para resistencia

La respuesta de los rumiantes domésticos a las infecciones por helmintos es muy heterogénea, lo que se traduce en amplias variabilidades individuales en la resistencia y/o resiliencia a la infección dentro de los efectivos de un rebaño. Entendiendo como resistencia la capacidad de un animal para suprimir el establecimiento de un parásito y/o entorpecer el subsecuente desarrollo de la infección y, como resiliencia, la aptitud de un animal parasitado a mostrar unos resultados productivos comparables a los obtenidos por animales libres de parásitos (Albers et al., 1987). Esta circunstancia permite explicar las grandes variaciones en la excreción de huevos, cargas parasitarias y manifestaciones patógenas del parasitismo incluso en animales homogéneos del mismo rebaño.

Las diferencias en la respuesta de los animales a la infección están relacionadas con la edad, estado fisiológico, nivel nutricional y también son debidas a factores genéticos que por tanto son heredables.

Si bien es un hecho claramente admitido que existen diferencias raciales en la resistencia a las infecciones por nematodos gastrointestinales tanto en ganado bovino como en ovino y caprino (Almería et al., 1996; Woolaston y Baker, 1996), no lo es menos que estas diferencias se observan también entre individuos de la misma raza (Bisset et al., 1997; Pralomkarn et al., 1997). Esta circunstancia ha llevado hoy día a aceptar que el factor individuo tiene mayor importancia que el factor raza, como determinante del carácter resistencia (Stear et al., 1995).

En la actualidad la resistencia genética a parásitos se asocia a un carácter poligénico del que entra a formar parte un antígeno linfocitario del complejo mayor de histocompatibilidad que es trasmisible hereditariamente. A partir de algunos trabajos que han demostrado que la heredabilidad de la resistencia frente a infecciones monoespecíficas o incluso mixtas es del orden del 0,30, valor similar al observado para otros caracteres productivos como peso, leche, lana... para los que la selección se ha mostrado eficaz, y que la correlación genética entre resistencia y resiliencia es del 0,56 (Albers y Gray, 1987), se han desarrollado en Australia y Nueva Zelanda programas en ganado ovino, con el fin de seleccionar razas o líneas intrarraciales dotadas de cualidades de resistencia o resiliencia frente a las diferentes especies de nematodos gastrointestinales, para utilizarlas como alternativa de control y profilaxis.

Aunque ocasionalmente se ha indicado que la selección para mejorar la resistencia contra parásitos gastrointestinales llevaba aparejada reducciones de las aptitudes zootécnicas de los animales e incrementos de sensibilidad frente a otros patógenos, este método de control constituye a largo plazo una de las mejores alternativas para minimizar la utilización de quimioterapéuticos, porque limita de manera permanente las consecuencias negativas del parasitismo en el hospedador y reduce de modo constante la contaminación de los pastos.

• Interacción resistencia-alimentación

Estudios realizados en ovinos y caprinos, pusieron en evidencia la fuerte interacción existente entre la nutrición y el parasitismo, confirmando que los animales subnutridos o

malnutridos eran más severamente afectados por los parásitos que los que recibían una dieta equilibrada (Coop y Holmes, 1996; Van Houtert y Sykes, 1996).

Se considera que el incremento de la alimentación en los animales parasitados favorece la resiliencia porque compensa, al menos parcialmente, los fenómenos de malabsorción provocados por los parásitos y permite, en determinadas ocasiones, mantener tasas de crecimiento equivalentes a la de animales libres de parasitación (Abbott et al., 1985 y 1988; Kimambo et al., 1988; Van Houtert et al., 1995). También se cree que una ración equilibrada lleva consigo un aumento de la resistencia del hospedador con reducción de la instalación y fertilidad de las poblaciones de vermes (Coop y Holmes, 1996).

Con los antecedentes anteriores, las investigaciones han tratado de evaluar la posibilidad de manipular la ración a fin de reducir la infección parasitaria y de limitar sus repercusiones negativas en el animal (Knox y Steel, 1996; Van Houtert y Sykes, 1996).

La mayoría de los trabajos realizados han estudiado el efecto de la suplementación proteica sobre la resistencia y/o resiliencia de los animales a la infección parasitaria, en base al hecho de que los mediadores de la respuesta inmune son de naturaleza proteica y que las repercusiones inducidas por el parasitismo digestivo interfieren en mayor medida sobre las demandas proteicas que energéticas. De manera general, los resultados obtenidos confirman que el incremento de la proteína de la ración lleva aparejada una mejora de la resiliencia aunque no parece mejorar el desarrollo de resistencia (Jackson, 2000). Trabajos recientes indican que el incremento de la energía de la ración, sin malnutrición proteica, lleva aparejada una reducción tanto en la excreción de huevos como en el tamaño y fecundidad de los vermes (Valderrábano et al., 2002; Valderrábano y Uriarte, 2002), lo que sugiere la existencia de una relación positiva entre la dieta energética y la respuesta del sistema inmune frente a nematodos gastrointestinales.

Los diferentes trabajos realizados en el campo de la nutrición/parásitos, parecen confirmar la idea de que un buen manejo de la alimentación incide de manera positiva en el control del parasitismo. Sin embargo es preciso dar respuesta a varias cuestiones para utilizar de manera eficaz los factores nutricionales: ¿cuales son los mejores sistemas de suplementación?, ¿como asociarlos con el pastoreo?, ¿en que momento aplicarlos?. Recientemente se ha propuesto un modelo de partición de los nutrientes que tiene en cuenta los efectos de la alimentación sobre las infecciones parasitarias (Coop y Kyriazakis, 1999). El modelo considera la expresión de la inmunidad adquirida como una función corporal que compite con otras funciones tales como la gestación, lactación o crecimiento que tienen prioridad más elevada cuando la disponibilidad de energía y nutrientes es escasa.

Otras líneas recientes de actuación tratan de explotar las propiedades antihelmínticas y/o estimulantes de la inmunidad de compuestos del metabolismo secundario de determinadas plantas. Algunas plantas ricas en taninos condensados como la zulla (*Hedysarum coronarivum*) y lotos (*Lotus pedunculatus*) han mostrado efectos beneficiosos en el control, al reducir el establecimiento larvario, incrementar la mortalidad de los nematodos adultos y mantener crecimientos normales en los animales parasitados (Niezen et al., 1998). En este mismo sentido, plantas ricas en terpenos han mostrado en ensayos "in vitro" un efecto negativo sobre la maduración de huevos y larvas terceras infectantes (Valderrábano y Uriarte, 2001).

3) Reducción de la contaminación parasitaria del medio

Desde los trabajos de Spedding en la década de los 50 y de manera asociada al empleo de antihelmínticos, se han venido utilizado ampliamente técnicas de manejo del pastoreo tendientes a reducir la contaminación parasitaria del medio ambiente con objeto de minimizar el contacto entre el hospedador y el parásito. En la actualidad estos métodos siguen vigentes

con algunas matizaciones que veremos y se están desarrollando nuevas estrategias basadas en el control biológico.

• Métodos de control biológico

Utilizar las propiedades de un organismo vivo para limitar la población de otra especie dañina o patógena, es una idea que se inscribe perfectamente en el marco de la agricultura sostenible. La idea no es nueva y ha sido ampliamente utilizada en campos distintos de la parasitología; uno de los ejemplos más conocido y de consecuencias posteriores nefastas, es el intento de control de las poblaciones de conejos en Australia, en la década de los 50, por medio del virus de la Mixomatosis.

Una de las condiciones indispensables para poder aplicar métodos de control biológico, es que exista una fuerte especificidad entre las dos especies, con el fin de que el agente de control biológico tenga únicamente efecto negativo sobre la especie que se quiere controlar.

En el caso de los nematodos gastrointestinales, los estadios libres en el medio ambiente son los más idóneos para aplicar el control biológico y la mayoría de las investigaciones han tenido como blanco de actuación los huevos y las larvas terceras infectantes. De los diferentes agentes biológicos que potencialmente ofrecen posibilidades (toxinas del *Bacillus thuringiensis*, escarabajos coprófagos), los mejores resultados se han conseguido con hongos hyphomycetos, capaces de atrapar o de destruir los huevos y las larvas de los parásitos (Waller y Faedo, 1996). Aunque han sido testadas más de 200 especies de hongos nematofagos, los resultados más relevantes se han obtenido con *Arthrobotrys oligospora* y *Duddingtonia flagrans*. Ensayos de eficacia de ambas especies indican reducciones de la contaminación larvaria que alcanzan hasta el 98% en las heces y entre el 73 y 85% en el pasto (Fernandez et al., 1999; Faedo et al., 2000; Waghorn et al., 2001).

La aplicación del control biológico mediante hongos precisa la incorporación de los hongos predadores a las heces parasitadas. Es por ello que los trabajos actuales, además de buscar especies fúngicas que soporten el paso por el tubo digestivo, tratan de incorporar los esporos en la alimentación de los animales, bien mediante suplementos nutricionales o mediante bolos de liberación intraruminal, con el fin asegurar una diseminación continua del medio.

A pesar de los excelentes resultados obtenidos con la incorporación de hongos nematofagos, no es presumible que este método pueda sustituir completamente la utilización de antihelmínticos, los problemas tecnológicos para producir esporos en masa y las dificultades para su incorporación, aventuran que es un método complementario de control a utilizar en los períodos de riesgo de infección elevado.

• Manejo del pastoreo

La necesidad de asociar el empleo de antiparasitarios a un manejo racional del pastoreo es una regla conocida desde hace tiempo. Este principio ha conducido a formular diversas recomendaciones según la especie de rumiante explotada, el sistema de producción utilizado y las condiciones medioambientales de la zona.

Globalmente, el manejo del pastoreo con vistas al control de los parásitos tiene como objetivo minimizar el contacto entre el animal sensible y las larvas infectantes con el fin de mantener la productividad a niveles aceptables. En definitiva, se trata de colocar a los animales sobre pastos débilmente contaminados, para ello es necesario el conocimiento de factores tales como: la bionomía de los estadios libres en el medio ambiente, la sensibilidad de los hospedadores, la especificidad parásito/hospedador. La interacción de estos factores y

el sistema de explotación ha permitido el desarrollo de técnicas de manejo destinadas a reducir la contaminación de los pastos que básicamente podrían agruparse en: saneamiento por medio del reposo de las praderas, saneamiento por técnicas agronómicas y saneamiento por técnicas de pastoreo.

a) Saneamiento del pasto por reposo prolongado de la pradera.

Tiene como objetivo la limpieza del pasto por muerte natural de los elementos contaminantes. El reposo a que debe de ser sometida una pradera, si no va acompañado de medidas agronómicas, será lo suficientemente prolongado para permitir una reducción real de la contaminación de la hierba. En regiones tropicales, en las que la supervivencia de las larvas infectantes es corta, pueden ser suficientes períodos relativamente pequeños, en torno a tres meses. Por el contrario en zonas templadas la duración del reposo no debe de ser menor de seis meses. Este método de control puede contemplar dos tipos de estrategias:

- Retraso en la salida al pasto en primavera, con el fin de evitar la infección por la población de larvas que han permanecido en el pasto desde el año anterior. Los animales salen a pastar a mitad de primavera, a praderas que previamente han sido segadas para producir heno o ensilado. Esta alternativa es sencilla y eficaz, aunque costosa pues supone alargar el período de estabulación.
- Pastoreo limpio (“clean grazing”), consiste en utilizar en primavera pastos que no han sido utilizados desde mitad de julio del año anterior. La aplicación de esta estrategia depende en gran medida de las condiciones climatológicas de la zona y su implantación resulta problemática en el manejo integral de la explotación.

b) Saneamiento de los pastos por prácticas agronómicas.

La roturación de los pastos constituye una medida eficaz para disminuir su contaminación parasitaria. Se estima que una pradera roturada cada 2 o 3 años permite mantener un nivel moderado de parasitismo (Echevarria et al., 1993). Por el contrario, la aplicación de diversos compuestos químicos como cianamida cálcica, sulfato de hierro, escorias potásicas etc, no ofrecen garantías (Cabaret y Mangeon, 1994).

c) Saneamiento por pastoreo mixto o alternativo.

Se basa en el principio de la especificidad parásito-hospedador y/o la diferente sensibilidad a la infección entre animales jóvenes y adultos. Dos estrategias pueden contemplarse:

- Pastoreo de varias especies de hospedadores: El pastoreo mixto (varias especies a la vez) o alternativo (sucesión de especies) se basa en el principio de la especificidad y busca la limpieza recíproca de los parásitos presentes en el pasto. En la práctica es preciso tener en cuenta que el grado de especificidad de las especies parásitas es muy variable. Mientras que los géneros *Ostertagia* y *Teladorsagia* son relativamente específicos, otras especies como *Trichostrongylus axei* o *T. colubriformis* son más universales. Por otra parte, el método no puede justificarse más que en el marco de una lógica comercial. Por último se ha indicado que ciertas asociaciones entrañan un riesgo evidente en la aparición de resistencia a los antihelmínticos, tal es el caso del pastoreo de ovinos y caprinos, en el que se sospecha que la presencia de la cabra acelera la difusión del fenómeno (Hennessy, 1997).
- Pastoreo con una sola especie: Se apoya en la diferente sensibilidad a la infección entre individuos jóvenes y adultos. La práctica consiste en hacer que los animales jóvenes precedan a los adultos en la utilización de las praderas o dispongan de áreas exclusivas de pasto en los períodos de máximo riesgo de infección, como puede ser el del periparto. Esta última estrategia ha demostrado ser eficaz para reducir el número de desparasitaciones en condiciones intensivas de producción (Uriarte y Valderrábano, 1990).

En ciertas circunstancias epidemiológicas, los métodos propuestos no siempre son trasladables de unos sistemas o condiciones de producción a otras. En este sentido, el pastoreo rotacional parece teóricamente aplicable en condiciones tropicales, dado que la supervivencia de las larvas infectantes en el medio ambiente es corta. Sin embargo no parece ser aplicable en las regiones templadas en las que la supervivencia de las larvas en la hierba es larga. De la misma manera, ciertas recomendaciones desarrolladas para el ganado ovino, que se apoyan en el papel descontaminante de los animales adultos, merced al desarrollo de resistencia, no son aplicables al ganado caprino porque la resistencia de las cabras adultas frente a las infecciones es relativa (Hoste y Chartier, 1998).

Por otra parte algunos resultados recientes han señalado la necesidad de considerar algunos métodos con cierto cuidado. Los estudios de Bairden et al., (1995) han demostrado que si bien el pastoreo alternante entre ovinos y bovinos parece reducir el parasitismo de estos últimos después del segundo año, los resultados se invierten al cabo de cuatro años.

Por último la aparición de resistencias a los antihelmínticos ha llevado a reconsiderar algunas medidas ampliamente difundidas hasta el momento. El principio de “dose and move” (tratar y mover), que consiste en trasladar los animales a pastos limpios después del tratamiento, es pertinente en ausencia de resistencia. Sin embargo, en caso contrario parece a todas luces desaconsejable, pues se favorece la contaminación exclusiva del medio por poblaciones de parásitos resistentes.

CONCLUSIÓN

Es obvio que la Sanidad Animal debe contribuir de manera relevante en el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles manteniendo la salud de los animales y en consecuencia contribuyendo a garantizar la rentabilidad del sistema productivo. Sin embargo es necesario que modifique las estrategias de control por otras menos dependientes del aporte de quimioterapéuticos.

Desde hace unas décadas los antiparasitarios constituyen la principal arma para luchar contra los parásitos de los rumiantes y es de esperar que en los próximos años seguirá siendo una herramienta fundamental en el control. Sin embargo, la emergencia de parásitos resistentes exige preservar la eficacia de estos compuestos para el futuro. En este sentido las diversas modalidades de control revisadas en este artículo, lejos de oponerse a los tratamientos quimioterapéuticos, son complementarias y se inscriben en un mayor o menor grado en el marco de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Albers G.A.A., Gray G.D., Piper L.R., Baker J.S.F., Lajambre L.F., Barger I.A., 1987. *Int.J.Parasitol.*, 17:1355-1363.
- Abbot E.M., Parkins J.J., Holmes P.H., 1985. *Res. Vet. Sci.*, 38: 6-13.
- Abbot E.M., Parkins J.J., Holmes P.H., 1988. *Res. Vet. Sci.*, 45: 41-49.
- Almería S., Gracia M.J., LLorente M., Uriarte J., 1996. *Vet. Parasitol.*, 63: 345-353.
- Bairden K., Armour J., Duncan J.L., 1995. *Vet. Parasitol.*, 60: 119-132.
- Bisset S.A., Vlassoff A., West C.J., Morrison L., 1997. *Vet. Parasitol.*, 70: 255-269.
- Cabaret J., Mangeon N., 1994. *Small Rum. Res.*, 16:269-276.
- Coles G.C., Borgsteede F.H.M., Geerts S., 1994. *Anthelmintic resistance in nematodes of farm animals*. European Commission, Brussels, 191 pp.
- Coop R.L., Holmes P.H., 1996. *Int. J. Parasitol.*, 26: 951-962.
- Coop R.L., Kyriazakis I., 1999. *Vet. Parasitol.*, 84: 187-204.

- Dash K.M., Newman R., Hall E., 1985. Recommendations to minimise selection for anthelmintic resistance in nematode control programmes. En: Anderson N. y Waller P.J., (ed) "Resistance in nematodes to anthelmintic drugs. CSIRO, Division of Animal Health. Australian Wool Corporation. NSW Australia. pp: 161-169.
- Delatour P., Parish R., 1986. Benzimidazole anthelmintics and related compounds: toxicity and evaluation of residues. En: Rico A. (ed), Drug residues in animals. Academic Press, Orlando, FL, pp: 175-204.
- Dominguez-Toraño I.A., Cuquerella M., Gómez-Muñoz M.T., Gómez-Iglesias L.A., Fernández-Pérez F.J., Alunda J.M., 1999. VI Congreso Ibérico de Parasitología. Córdoba (España). Abs. 190-C, p: 118.
- Donald A.D., 1994. *Vet. Parasitol.*, 54: 27-47.
- Echevarria F.A.M., Armour J., Duncan J.P., Pinheiro A.C., 1993. *Vet. Parasitol.*, 50: 151-155.
- Faedo M., Larsen M., Thamsborg S., 2000. *Vet. Parasitol.*, 94: 55-65.
- Fernandez A.S., Larsen M., Nansen P., Henningsen E., Gronvold J., Wolstrup J., Henriksen S.A., Bjorn H., 1999. *J. Helminthol.*, 73: 115-122.
- Floate K.D., 1998. *Bull. Ent. Res.*, 88:25-35.
- García J.J. Torrado J.J. Bolas F., 1999. VI Congreso Ibérico de Parasitología. Córdoba (España). Abs. 286-O, p: 174.
- Hennessy D., 1997. *Int.J.Parasitol.*, 27: 145-152.
- Hoste H., Chartier Ch., 1998. *Le Point Veterinaire*, 29: 69-73.
- Jackson F., 2000. Options for the sustainable control of gastrointestinal nematode infections in goat production system in Europe. En: Proceedings of the Seventh International Conference on Goats, pp. 789-792.
- Kimambo A.E., McRae J.C., Walker A., Watt, C.F., Coop R.L., 1988. *Vet. Parasitol.*, 28: 191-203.
- Knox M., Steel J.W., 1996. *Int. J. Parasitol.*, 26: 963-970.
- McKellar Q.A., 1994. *Vet. Parasitol.*, 54: 249-258.
- Munn E.A., 1993. *Parasitology Today*, 9: 338-339.
- Munn E.A., 1997. *Int. J. Parasitol.*, 27: 359-366.
- Niezen J.H., Robertson H.A., Waghorn G.C., Charleston W.A.G., 1998. *Vet. Parasitol.*, 80: 15-27.
- Nolan J., Wilson J.T., Green P.E., Bird P.E., 1989. *Aust. Vet. J.*, 66: 179-182.
- Pralomkarn W., Pandey V.S., Ngampongsai W., Choldumrongkul S., Saitthanoo S., Rattaanachon L., Verhulst A., 1997. *Vet. Parasitol.*, 68: 143-152.
- Requejo-Fernández J.A., Martínez A., Meana A., Rojo-Vazquez F.A., Osoro K., Ortega-Mora L.M., 1997. *Vet. Parasitol.*, 73: 83-88.
- Ruiz A., Molina J.M., González J.F., Rodríguez-Ponce E., Conde M.M., 2001. *Acta Parasitológica Portuguesa*, 8, (2) Abs. HP-341, p: 364.
- Stear M.J., Bairden K., Bishop S.C., Duncan J.L., Karimi S.C., McKellar Q.A., Murray M., 1995. *Vet. Parasitol.*, 59 29-38.
- Uriarte J., Valderrábano J., 1990. *Vet.Parasitol.*, 37: 243-255.
- Valderrábano J., Uriarte J., 2001. *ITEA, Extra 22*: 179-181.
- Valderrábano J., Uriarte J., 2002. *Anim. Sci.* (en prensa)
- Valderrábano J., Delfa R., Uriarte J., 2002. *Vet. Parasitol.*, 104: 327-338.
- Van Houtert M.F.J., Barger I.A., Steel J., 1995. *Vet. Parasitol.*, 60: 283-295.
- Van Houtert M.F.J., Sykes A.R., 1996. *Int. J. Parasitol.*, 26: 1151-1168.
- Vatta A.F., Letty B.A., Van der Linde M.J., Van Wijk E.F., Hansen J.W., Krecke R.C., 2001. *Vet Parasitol.*, 99: 1-14.
- Waller P.J., 1997. *Vet. Parasitol.*, 72: 391-412.
- Waller P.J., Faedo M., 1996. *Int.J.Parasitol.*, 26: 915-925.

- Wardhaugh K.J., Mahon R.J., Axelsen A., Rowland M.W., Wanjura W., 1993. *Vet. Parasitol.*, 48: 139-158.
- Waghorn T.S., Leathwick D.M., Chen L.-Y., Gray R.A.J., Skipp R.A., 2001. *Vet. Parasitol.*, 2266: 1-11.
- Woolaston R.R., Baker R.L., 1996. *Int. J. Parasitol.*, 26: 845-856.

EFEECTO DE LA ALIMENTACION ENERGETICA SOBRE LA RESPUESTA DEL SISTEMA INMUNE FRENTE A PARASITOS EN EL PERIPARTO OVINO

J. Valderrábano, J. Uriarte

Servicio de Investigación Agroalimentaria, Diputación General de Aragón.
Apdo. 727, 50080 Zaragoza. E-mail: J. Valderrabano@aragob.es

RESUMEN

El papel de las reservas grasas almacenadas durante las primeras fases de la gestación sobre la respuesta del sistema inmune frente a nemátodos gastrointestinales en el periparto se estudió en 46 ovejas FI Romanov x Rasa Aragonesa que fueron sometidas a 3 niveles de alimentación (*ad libitum* (A), mantenimiento (M) y 0.7M (B)) para conseguir unos niveles de reservas corporales bien diferenciados en la semana 13 de gestación. A partir de la 5ª semana antes del parto los animales fueron infectados artificialmente con 5.000 L3/semana (40% *Teladorsagia circumcincta*, 40% *Trichostrongylus colubriformis* y 20% *Haemonchus contortus*). Un cuarto grupo de ovejas (C) se mantuvo como lote control sin parasitar.

El conteo de huevos de parásitos en las heces, utilizado como medida de la resistencia a la infección, se vió significativamente afectada por el tratamiento nutricional establecido durante las primeras fases de la gestación. Esta respuesta apareció acompañada por un efecto significativo en la concentración de eosinófilos circulantes que aumentó con el plano de alimentación. A pesar de que los tratamientos M y C estuvieron sometidos al mismo plano de alimentación, los corderos de las ovejas infectadas crecieron menos que aquellos criados por el grupo control sin infectar (190 vs. 213 g/d) que asimismo mostró una mayor movilización de sus depósitos adiposos. Sin embargo, las ovejas alimentadas *ad libitum* fueron capaces de superar las consecuencias de la infección y sus corderos crecieron al mismo ritmo que las no infectadas.

Los resultados obtenidos indican que la cantidad de grasa almacenada durante los primeros estadios de la gestación está involucrada en la expresión de la inmunidad frente a parásitos gastrointestinales en torno al parto y sugieren que podría afectar a la producción de leche como un medio para mantener los mecanismos inmunológicos preparados para futuros procesos infectivos. Estos resultados tienen claras implicaciones en sistemas de pastoreo, particularmente en el manejo de la alimentación durante las primeras fases de la gestación y constituyen una herramienta fácilmente aplicable en sistemas de manejo sostenible.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la excreción de huevos de nemátodos gastrointestinales en torno al parto, conocido con el nombre de “periparturient rise” (PPR), ha sido considerado como uno de los fenómenos más importantes en la epidemiología de la gastroenteritis parasitaria porque asegura la contaminación masiva de los pastos en un período en que hay animales jóvenes, particularmente sensibles a la infección (Lloyd, 1983). Las consecuencias del PPR en la sucesiva infección de los animales es tan manifiesta que la desparasitación de las ovejas en torno al parto constituye una medida recomendada en la mayoría de los programas de control (Michel, 1985; Taylor et al., 1990; Juste y García, 1991)

La necesidad de reducir la utilización de antiparasitarios en los actuales sistemas de producción, ha motivado en los últimos años un interés creciente por conocer las causas que

originan el PPR y por desarrollar métodos no quimioterapéuticos que lo limiten. En este sentido, el estado nutritivo del huésped ha sido considerado desde hace tiempo como un factor importante en la relación huésped-parásito y la patogénesis de las infecciones parasitarias. Sin embargo, el papel que juega el nivel de la alimentación tanto proteica (Kyriazakis et al., 1996) como energética (Donaldson et al., 1998) en la expresión de la inmunidad no está claro pero su conocimiento es crítico para la prevención y el control de las parasitosis. Trabajos recientes han puesto en evidencia el papel del tejido adiposo no sólo en el metabolismo y esteroidogénesis sino también en la respuesta del sistema inmune (Matarese, 2000). El hecho de que la respuesta inmune pueda estar modulada por la energía de la dieta ofrece grandes posibilidades para mejorar la resistencia a las infestaciones por procedimientos compatibles en un sistema sostenible.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar en que medida el nivel de reservas corporales acumuladas en las primeras fases de la gestación podría afectar a la inmunodpresión frente a nematodos gastrointestinales observada en el periparto ovino.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se realizó con 66 ovejas Romanov x Rasa Aragonesa que habían sido tratadas con esponjas vaginales que contenían 40 mg de acetato de progesterona (Crono Gest® Intervet S.A.) para sincronizar el celo. Cinco semanas después de la cubrición, se realizó un diagnóstico de gestación y atendiendo a nº de fetos, peso (PV) y condición corporal (CC) se seleccionaron 46 ovejas gestantes que fueron desparasitadas con Fenbendazole (Panacur® Hoeschst Roussel) y alojadas en jaulas individuales con suelo de rejilla. Tras una semana de adaptación los animales fueron distribuidos en cuatro lotes, tres de ellos (A, M y B) de 12 y el cuarto que actuó como control (C) de 10 animales, a los que se ofreció granulo de alfalfa *ad libitum* (A), a mantenimiento (M y C) o a 0,7 mantenimiento (B) a fin de conseguir unos niveles de reservas corporales bien diferenciados al día 90 de gestación, a partir del cual todos los animales recibieron la misma cantidad de alimento en relación a su PV a la cubrición.

Entre la 5ª semana antes del parto y la 3ª semana después de parir, todos los animales de los lotes A, M y B, fueron infectados artificialmente a intervalos semanales con 5.000 larvas de *Teladorsagia circumcincta* (40%), *Trichostrongylus colubriformis* (40%) y *Haemonchus contortus* (20%). Las infecciones se realizaron en días alternos y de forma monoespecífica.

A intervalos de dos semanas se determinaron el PV, la CC (Russel et al., 1969) y el espesor de la grasa en el cuadrado lumbar mediante ultrasonidos (Delfa et al., 1995). A partir del comienzo de las infecciones y hasta cinco semanas después de los partos, los controles se efectuaron semanalmente, tomándose además muestras de sangre para determinar la formula leucocitaria y los niveles de pepsinógeno sérico, así como de heces para valorar la excreción de huevos de cada animal por el método de McMaster modificado por Raynaud (1970) y la proporción de géneros por coprocultivo.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de medidas repetidas usando el procedimiento GLM (SAS Institute, Inc. 1998). Previamente a los análisis, los datos de eliminación de huevos se normalizaron mediante transformación logarítmica $\log(x + 1)$. Para los datos expresados en porcentaje la transformación fue $\arcseno x/100$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los gránulos de alfalfa ofrecidos presentaron un contenido en PB del 18,14% de la MS y un contenido energético de 7,59 MJ de EM/kg fresco. Las ingestiones medias entre las semanas 5 a 14 fueron de 51, 17 y 11,3 g/kg PV para los tratamientos (A), (M y C) y (B) respectivamente, lo que conllevó unas diferencias notables ($P < 0,001$) en PV, espesor de la grasa dorsal (Fig. 1) y CC al inicio del 4º mes de gestación.

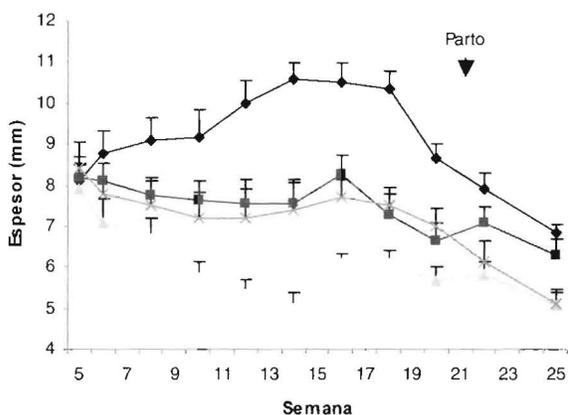


Figura 1. Evolución del espesor de la grasa dorsal a lo largo del ensayo

El tratamiento nutritivo establecido durante las primeras semanas de gestación mostró un efecto significativo ($P < 0,01$) sobre el número de huevos de parásitos en las heces (Epg) que aumentaron inversamente con el plano de alimentación a pesar del hecho de que el tratamiento fuera interrumpido 3 semanas antes de la infección. Este efecto duró hasta 3 semanas después del parto cuando las diferencias en Epg entre los tratamientos desaparecieron (Fig 2). Puesto que todos los animales estaban en un plano de alimentación idéntico cuando tuvo lugar la infección, esta respuesta diferencial en Epg podría estar asociada a una diferente respuesta inmune de las ovejas. La evolución de la concentración de eosinófilos circulantes (CEO), considerado como un mecanismo efector inmunológico, refrenda esta hipótesis. Mientras que la concentración de CEOs en el grupo control sin parasitar permaneció prácticamente constante a lo largo de todo el ensayo, como cabía esperar, este parámetro se incrementó significativamente ($p < 0,002$) en los lotes parasitados (Fig 3). Esta respuesta apareció relacionada con el plano de alimentación previamente establecido aumentando los CEOs con el plano de alimentación. Esta respuesta inmune diferencial apareció asociada al nivel de alimentación establecido en las primeras fases de la gestación que dio lugar a importantes diferencias en el espesor de la grasa dorsal. La estimación de esta medida mediante ultrasonidos es un procedimiento preciso para establecer la grasa subcutánea en el cuadrado lumbar (Delfa et al., 1991) que, a su vez, está altamente correlacionada ($r = 0,97$) con la grasa total corporal (Delfa et al., 1989). Esto sugiere que la cantidad de grasa corporal podría estar asociada con la diferente respuesta inmune observada en el periparto.

Aunque algunos trabajos han encontrado un efecto positivo de la suplementación energética sobre la excreción de huevos parásitos (García Pérez et al., 1994; Ferre et al., 1995), otros estudios (Donaldson et al., 1998; Houdjik et al., 2001) concluyen que la

resistencia del huésped en torno al parto esta mucho mas influida por la alimentación proteica que por la energética cuando las ovejas eran suplementadas al final de la gestación y principios de la lactación. Los resultados del presente ensayo indican que la suplementación energética durante las primeras semanas de gestación aumentan las reservas grasas en el momento de la infección y tales reservas tienen un claro efecto sobre la subsiguiente respuesta inmune. La diferencia en el momento de la suplementación podría explicar estos resultados aparentemente contradictorios. Aunque la suplementación proteica puede tener un efecto directo sobre la respuesta inmune (Donaldson et al.,1998; Houdjik et al., 2001), los mecanismos involucrados en los efectos de la proteína sobre la partición de nutrientes entre tejidos corporales y leche (Oldham y Alderman, 1982) podrían también jugar un papel importante en la respuesta inmune observada en ovejas suplementadas con proteína. Esto resulta acorde con los resultados de Koski et al., (1999) que concluyeron que eran necesarias restricciones mas severas de proteína que de energía en la dieta para deprimir la expresión de la inmunidad.

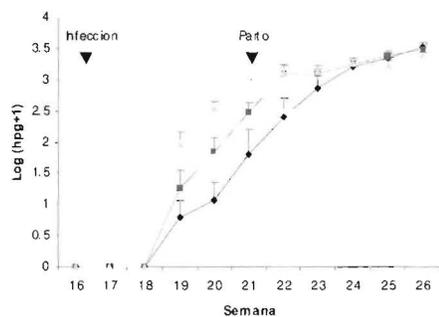


Figura 2: Evolución de la excreción de huevos a lo largo del período experimental.

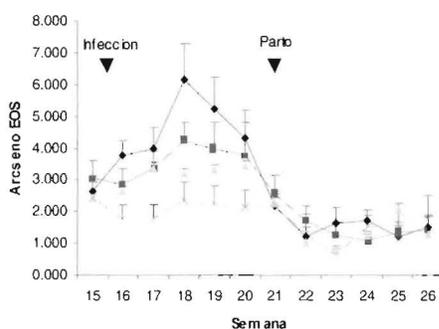


Figura 3: Evolución de la concentración de eosinófilos tras las infecciones.

De modo alternativo, los depósitos adiposos podrían jugar un papel en si mismos. Durante los últimos años, están aumentando las evidencias que indican que la leptina, una proteína producida por el tejido adiposo, juega un papel decisivo señalando que las reservas grasas son suficientes (Campfield et al., 1995) actuando, asimismo, como un regulador destacado de la actividad del sistema inmune, relacionando las funciones de los linfocitos T con el status nutricional al actuar directamente sobre las funciones de las células CD4⁺T (Lord et al., 1998) y afectando indirectamente sobre la presencia de otras hormonas (Ahima et al., 1996). Estos resultados dan al tejido adiposo un papel claro no sólo en el metabolismo y esterogenesis sino también en la respuesta inmune (Matarese, 2000).

La evolución tanto del peso vivo como de las reservas corporales de las ovejas resultó acorde con los tratamientos nutritivos establecidos. Alrededor de los 90 días de gestación, la diferencia en el espesor de la grasa dorsal entre los animales alimentados *ad libitum* y con dietas restringidas alcanzaron su máximo valor. Tanto las ovejas infectadas como las testigo alimentadas a mantenimiento al inicio de la gestación presentaron valores intermedios y muy constantes hasta el final de la gestación cuando el espesor de la grasa dorsal empezó a decrecer. Sin embargo, a pesar del hecho de ambos tratamientos se mantuvieron en el mismo

regimen alimenticio su subsiguiente producción de leche difirió significativamente y los corderos de los animales infectados crecieron menos que los de las no parasitadas. Estos resultados concuerdan con trabajos previos (Leyva et al., 1982; Thomas y Ali, 1983) en los que se señalaba el efecto negativo de las parasitosis sobre la producción de leche. Resulta interesante que la diferencia en el crecimiento de los corderos criados por estos dos grupos de ovejas no estuviera relacionado con la cantidad de grasa corporal de las ovejas al momento del parto sino con el hecho de que las infectadas no la movilizaran durante la lactación. La menor capacidad de movilización de reservas grasas exhibida por los animales infectados podría responder a una "memoria" de infección que las haría ser mas conservadoras en la producción de leche manteniendo un cierto nivel de reservas para poder afrontar el siguiente periodo de infección. La reducción del crecimiento de los corderos y la capacidad de movilización de reservas no parece ser una respuesta directa a la infección puesto que esta respuesta no se manifestó en ovejas alimentadas *ad libitum* al inicio de la gestación. A partir del parto, tanto las ovejas alimentadas *ad libitum* como las no parasitadas mostraron una caída similar en el espesor de la grasa dorsal que fue significativamente mayor que la registrada en los otros dos tratamientos. Esta reducción en el espesor de la grasa dorsal apareció asociada a una diferencia significativa en el crecimiento de los corderos (213 vs 190 g/d) lo que sugiere una movilización de las reservas corporales para cubrir las demandas de producción de leche. La elevada cantidad de grasa acumulada por las ovejas alimentadas *ad libitum* les permitió producir unos niveles de leche próximos a su potencial, posiblemente hasta un umbral a partir del cual la capacidad de reacción de su sistema inmune podría estar en riesgo.

Los resultados de este trabajo muestran que la cantidad de grasa total almacenada por las ovejas durante las primeras fases de la gestación está involucrada en la expresión de la inmunidad frente a parásitos gastrointestinales en torno al parto y sugiere que podría afectar a la producción de leche para mantener los mecanismo inmunológicos preparados para futuros procesos infecciosos. Mas aún, la reducción en la producción de leche observada en las ovejas infectadas puede ser subsanado con una alimentación energética *ad libitum* durante las primeras semanas de gestación. Estos resultados tienen claras implicaciones en animales en pastoreo, en particular en el manejo de la alimentación durante los primeros estadios de la gestación y proporcionan una herramienta fácilmente aplicable en sistemas de manejo sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a F. Lahoz, A. Guillén, J.A. Tanco y E. Morago la ayuda técnica prestada en el desarrollo de este trabajo. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los Proyecto FAIR 3 CT 96 – 1485 y INIA SC00-060.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahima, R.S., Prabakaran, D., Mantzoros, C., Qu, D., Lowell, B., Maratos Flier, E. and Flier, J.S. 1996. *Nature* 382:250-252.
- Campfield, L.A., Smith, F.J., Guisez, Y., Devos, R. and Burn, P. 1995. *Science* 269: 546-549.
- Delfa, R., Teixeira, A., Gonzalez, C., 1995. Proc. 46th Meet. EAAP, Praga.
- Donaldson, J., van Houtert, M.F.J., Sykes A.R., 1998. *Anim. Sci.*, 67: 523-533.
- Ferre, I., Brusa, C.M., Manzanera, E., Rojo-Vazquez, F.A., Buratovich, O.F. and Mantecon, A.R. 1995.. *Journal of Animal Feed Sciences* 4: 237-245.

- Garcia-Perez, A.L., Oregui, L.M., Bravo, M.V., Muñozerro, A., Povedano, I. and Juste R.A. 1994.. *ITEA* 90 A: 139-147.
- Houdijk, J.G.M., Kyriazakis, I., Coop, R.L. and Jackson, F. 2001. *Parasitology* 122: 661-672.
- Juste, R.A., García, A.L., 1991. *Vet. Parasitol.*, 38: 173-183.
- Kyriazakis, I., Anderson, D.H., Coop, R.L., Jackson, F. 1996. *Vet. Parasitol.*, 65: 41-54.
- Koski, K.G., Su, Z. and Scott, M.E. 1999. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 264: 796-801.
- Leyva, V., Henderson, A.E. and Sykes, A.R. 1982. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 99: 249-259.
- Lloyd, S. 1983. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 4:153-176.
- Lord, G.M., Matarese, G., Howard, J.K., Baker, R.J., Bloom, S.R. and Lechler, R.I. 1998. *Nature* 394: 897-
- Matarese, G. 2000. *European Cytokine Network* 11: 7-13.
- Michel, J.F., 1985. *Parasitol.*, 90: 621-628.
- Oldham, J.D. and Alderman, G. 1982.. In *Protein and Energy Supply for High Production of Milk and Meat* pp. 33- 63. Pergamon Press, Oxford.
- Raynaud, J.P., 1970. *Ann. Parasitol. Hum.Comp.*, 45:321-342.
- Russel, A.J.F., Doney, J.M., Gunn, R.G. 1969. *J. Agric. Sci., Camb.* , 72: 451-454.
- Taylor, M.A., Hunt, K.R., Wilson, C.A., Quick, J.M., 1990. *Vet. Rec.*, 126: 555-556.
- Thomas R.J. and Ali, D.A. 1983. *International Journal for Parasitology* 13: 393-398.

EL PAPEL DE LA MEJORA GENÉTICA EN LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

J. Cuartero, M.L. Gómez-Guillamón

Estación Experimental La Mayora, CSIC
29740 Algarrobo-Costa, Málaga, España

RESUMEN

El compromiso de conservar los recursos naturales que la agricultura sostenible propone lleva a que el objetivo de la mejora genética para una agricultura sostenible sea obtener cultivares eficientes en la utilización de insumos para que puedan cultivarse con el mínimo de agua, fertilizantes y pesticidas, explotando al máximo la interacción genotipo x ambiente. Se revisan las bases fisiológicas para la absorción y utilización eficiente de los nutrientes y se discute cómo aprovechar el conocimiento actual para establecer programas de mejora. El concepto de sostenibilidad lleva a que planta y parásitos convivan en equilibrio, por eso la resistencia a enfermedades y plagas se enfoca para explotar los mecanismos de defensa generales que conducirían a una tolerancia duradera, prestando especial atención a los mecanismos que son activados cuando el parásito entra en contacto con la planta (resistencia adquirida). Se discute la mejor manera de explotar la interacción genotipo-ambiente, en función de la intensidad de selección la heredabilidad y la correlación genética, concluyendo que un equipo pequeño de mejora obtendrá cultivares muy bien adaptados a un ambiente pero con escasa difusión a otros ambientes, mientras que las organizaciones internacionales con medios para probar amplias generaciones en muchos lugares y años obtendrán cultivares con aceptable adaptabilidad a muchos ambientes. Los equipos pequeños pueden jugar un importante papel en la obtención de genotipos con resistencia horizontal a plagas y enfermedades o eficientes en la absorción y utilización de nutrientes.

Palabras clave: Absorción de nutrientes, Utilización de nutrientes, Resistencia adquirida, Plagas, Enfermedades, Interacción genotipo-ambiente.

SUMMARY

THE ROLE OF BREEDING IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Natural resource conservation is a compromise of sustainable agriculture that leads to minimal employ of water, fertilizers and pesticides. Cultivars bred for sustainable agriculture should then use efficiently water and fertilizers taking the maximum advantage from genotype-environment interaction. Physiological bases of efficient nutrient uptake and use are reviewed and the integration of this knowledge into breeding programmes discussed. Sustainability concept also leads to an equilibrium between plant and parasites, so that resistance to diseases and pests is envisaged to exploit general plant tolerance mechanisms activated when parasite contacts the plant (acquired resistance). The exploitation of genotype-environment interaction is discussed in function of selection intensity, heritability, and genetic correlation, concluding that small breeding teams will obtain cultivars very well adapted to an environment but with low adaptation to other environments. International organisations able to test large populations in many environments and years will obtain cultivars with medium-high adaptation to many environments. Small breeding teams would play a significant role breeding new genotypes with enhanced acquired resistance to diseases and pest or with efficient nutrient uptake and use.

Key words: Nutrients uptake, Nutrients use, Acquired resistance, Pests, Diseases, Genotype-environment interaction.

INTRODUCCIÓN

El Diccionario de Ciencias Hortícolas (RALLO *et al.*, 1999) define la agricultura sostenible como la que es agrónomicamente viable y económicamente rentable, conservando a corto y largo plazo los recursos naturales empleados, en particular los no renovables.

El que la agricultura en general y la sostenible en particular sea rentable depende en gran medida de decisiones políticas sobre las ayudas al sector en las que no entraremos, pero el compromiso de conservar los recursos naturales sí que es un reto tecnológico a tener en cuenta ya que supone conservar el suelo y emplear el agua y los fertilizantes y pesticidas químicos imprescindibles.

El cambio de dirección que la agricultura sostenible ha supuesto en la agricultura mundial es importante y merece la pena resaltarlo. La agricultura ha intentado tradicionalmente aplicar técnicas para producir mayores cosechas minimizando el efecto de los estreses ambientales en las plantas, de ahí que se haya aplicado riego para evitar sequías, fertilizantes para evitar carencias del suelo, pesticidas para evitar plagas y enfermedades, invernaderos para evitar estreses de temperatura y hasta hidroponía para evitar el suelo, intentando, en el extremo, producir cosechas de modo industrial y con recetas aplicables a cualquier lugar puesto que se minimizan los efectos ambientales. Con la introducción del concepto de sostenibilidad se quiebra esa dirección de la agricultura: se disminuyen los insumos y toma protagonismo el suelo y el clima. A modo de ejemplo, la utilización de fertilizantes nitrogenados se estimó en 65 millones de toneladas de N en 1992 (PEOPLES y CRASSWELL, 1992) con un indudable efecto beneficioso en las cultivos mundiales, pero 2/3 de ese nitrógeno fue a parar al aire y, sobre todo, arrastrado por el agua con el consiguiente perjuicio ambiental (FRINK *et al.*, 1999). Parece claro que no se puede seguir utilizando los fertilizantes como hasta ahora si se quieren preservar los recursos naturales como la agricultura sostenible preconiza.

El objetivo de la mejora genética en una agricultura sostenible debe ser pues obtener cultivares que sean eficientes en la utilización de insumos para que puedan cultivarse con el mínimo de agua, fertilizantes y pesticidas, explotando al máximo la interacción genotipo x ambiente. Pero el intentar sacar el máximo partido de la interacción genotipo x ambiente lleva inexorablemente a obtener muchos cultivares, cada uno de los cuales ocupará un área de cultivo relativamente pequeña, lo que choca frontalmente con las inversiones millonarias que están haciendo las multinacionales de las semillas y que únicamente pueden ser rentables si los cultivares ocupan un área de cultivo significativa. Así la obtención de cultivares adaptados a la agricultura sostenible lleva a considerar dos aspectos bien diferentes, uno el aspecto técnico de cómo realizar esas obtenciones de cultivares y otro el aspecto económico de cómo hacer llegar esas obtenciones a los agricultores.

1. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MEJORA PARA OBTENER CULTIVARES ADAPTADOS A LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

En los programas de mejora genética se ha intentado desde siempre minimizar el efecto ambiental para distinguir mejor los efectos genéticos y seleccionar los genotipos deseados con las mínimas interferencias. Ya Robert Bakewell (1725-1795) preconizaba criar las ovejas en campos con abundante hierba, con un régimen regular de alimentación altamente nutritivo y

en grupos pequeños, para elegir los parentales de los rebaños, y parece que tenía éxito aplicando esa estrategia antes de que Mendel estableciera sus leyes de la herencia (WOOD y OREL, 2001). El resultado de la mejora poniendo los genotipos en condiciones de cultivo ideales lo tenemos en muchos de los cultivares que se emplean en los países desarrollados que producen las altas cosechas y la calidad que conocemos cuando se cultivan en la agricultura convencional actual, altamente tecnificada para que las plantas padezcan el mínimo de estreses; pero en agricultura sostenible no se puede garantizar que las plantas reciban en todo momento los nutrientes y el agua que necesitan. Los cultivares desarrollados para condiciones de cultivo sin estreses no se han adoptado en condiciones de cultivo con baja o nula fertilización, en suelos pobres o en ambientes marginales porque no se adaptan a esas condiciones de cultivo. Esa mala respuesta de los cultivares desarrollados para ambientes sin estreses cuando se ponen en situaciones de estrés se ha documentado en diversas ocasiones (sirvan de ejemplo las referidas a condiciones de sequía para trigo (UD-DIN *et al.*, 1992) y cebada (CECCARELLI *et al.*, 1992), para fecha de siembra en avena (ATLIN y FREY, 1989) y para bajo nitrógeno en el suelo en maíz (BÄNZINGER *et al.*, 1997)) y conduce a que se deban marcar objetivos específicos de mejora para cultivares que serán empleados en la agricultura sostenible. Entre los diversos objetivos posibles consideramos de especial importancia la adaptación a condiciones de baja fertilidad puesto que los fertilizantes aplicados en agricultura sostenible serán mucho menores que en agricultura convencional para evitar contaminaciones de suelo y acuíferos, la resistencia a enfermedades y plagas puesto que los fitosanitarios químicos se reducirán al mínimo y la lucha biológica cobrará importancia, y la explotación de la interacción genotipo – ambiente (GxE).

1.1 Mejora para adaptación a condiciones de baja fertilidad

Para conseguir cosechas adecuadas en suelos con bajo contenido en nutrientes habrá que buscar cultivares que sean más eficientes para absorber los fertilizantes o que produzcan mayor cantidad de cosecha por unidad de elemento nutritivo absorbido o que tengan ambas características a la vez. El primer requisito de la mejora genética es contar con variabilidad sobre la que actuar. ¿Existe variabilidad genética para eficiencia en la absorción o en la utilización de los nutrientes?

La absorción de nutrientes por las plantas es una conjunción de la capacidad del suelo para retener los nutrientes y la capacidad de la planta para absorberlos, por tanto, si se desea evaluar la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes se deben poner las plantas en un sustrato experimental que tenga similar capacidad para retener el nutriente a estudiar que los suelos. Se han demostrado diferencias genéticas en cuanto a la eficiencia en la absorción de N en maíz (RIZZI *et al.*, 1995; SMICKLAS y BELOW, 1999), de K en tomate (CHEN y GABELMAN, 1995), de P en céspedes (CHRISTIE y MOORBY, 1975) y tomate (COLTMAN *et al.*, 1985), etc. Existen pues las diferencias genéticas necesarias para emprender programas de selección para eficiencia en la absorción de nutrientes. Además CHEN y GABELMAN (1995) indican dónde buscar los genotipos más eficientes ya que demuestran que de los 22 genotipos de tomate que calificaron como eficientes en la absorción de K, 18 provenían de América Central y del Sur, de donde es originario el género *Lycopersicon*. Esto sugiere que para buscar genotipos eficientes para absorción de nutrientes se debe ir a entradas procedentes de los centros de origen y domesticación de las especies, porque si han sido mejoradas probablemente hayan perdido esa capacidad.

La absorción de los nutrientes es una característica que se expresa fundamentalmente en la raíz, lo que implica que la raíz debe tenerse muy en cuenta en los estudios de fisiología y mejora tendentes a obtener plantas más eficientes en la absorción de nutrientes. En principio un genotipo puede ser más eficiente para absorber un determinado ion bien porque disponga

de mayor superficie radical para esa absorción bien porque exista mayor entrada para ese ion por unidad de superficie radical. En tomate se ha demostrado la existencia de ambos casos para K (CHEN y GABELMAN, 2000). Existen genotipos que muestran mayor crecimiento radical por unidad de tiempo que, aunque tienen similar flujo de K por unidad de superficie radical que el genotipo medio, absorben mayor cantidad de K/planta. El fenómeno es puramente físico. Pero existen también genotipos que absorben mayor cantidad de K por unidad de superficie radical lo que supone mayor cantidad de K absorbido/planta con similar velocidad de crecimiento radical que el genotipo medio. Como el K entra en las plantas mediante canales y mediante transportadores de alta y baja afinidad, el mayor flujo de absorción de K demostrado en tomate podría explicarse por la distinta proporción de transportadores. Cuando los estudios fisiológicos lleven a una disección completa de los transportadores y a conocer su modo de actuación, un carácter poligénico como es la absorción de K por la planta podría explicarse en función de varios caracteres monogénicos y parte de la secuencia de esos genes podría emplearse para seguir y seleccionar el carácter en generaciones segregantes.

También se ha demostrado diferencias genéticas para la eficiencia en el uso de los nutrientes, entendida como la producción de cosecha o de materia seca por unidad de nutriente absorbida, en tomate para el Ca (CAINES y SHENNAN, 1999) y para el K (CHEN y GABELMAN, 1999). La eficiencia en el uso del Ca es particularmente interesante desde el punto de vista fisiológico porque el Ca se considera un elemento muy poco móvil dentro de la planta y los genotipos que lo utilizan más eficientemente tendrían mayor capacidad para reutilizarlo y redistribuirlo desde las hojas viejas e inactivas a las hojas jóvenes y activas.

Como se ve, se van haciendo estudios fisiológicos absolutamente necesarios para el entendimiento de cómo se puede lograr un genotipo más eficiente en la captación y utilización de los nutrientes, pero la información genética necesaria para establecer un programa de mejora se desconoce en gran parte. Y lo que se conoce no parece augurar un camino fácil. Recientemente se ha demostrado en *Arabidopsis* que los loci de caracteres cuantitativos (QTLs) para la absorción de nitrato son diferentes a los de absorción de amonio y diferentes a su vez a los de absorción de nitrato amónico, indicando que no se habían encontrado genotipos que compartiesen esos QTLs y que serían óptimos para absorber cualquier fuente de nitrógeno (RAUH *et al.*, 2002). Por supuesto que se puede intentar unir en un mismo genotipo los loci procedentes de varios genotipos, pero es una tarea larga y difícil.

La morfología de la raíz es de importancia crucial en la absorción de los nutrientes. En arroz cultivado sin riego es importante el desarrollo de un sistema radical profundo cuando la planta es joven para que supla posibles deficiencias de agua cuando la planta es adulta (FUKAI y COOPER, 1995). Y ese tipo de sistema radical se desarrolla cuando las plantas jóvenes crecen inundadas en condiciones anaerobias. KAMOSHITA *et al.* (2002) encontraron sólo dos QTLs para morfología de raíz profunda y esos QTLs fueron identificados solamente en poblaciones que habían crecido en condiciones anaerobias cuando jóvenes. Esa interacción GxE pone de manifiesto las dificultades que puede tener el establecimiento de un programa de mejora en el que se quisiesen modificar características radicales para conseguir plantas más eficientes en la absorción de nutrientes ya que, incluso empleando QTLs, habría que cultivar las poblaciones en condiciones similares a las que sean el objetivo de la mejora.

1.2. Mejora para resistencia a enfermedades y plagas

Obtener variedades resistente a enfermedades y a plagas ha sido siempre uno de los principales objetivos de la mejora. En la agricultura convencional el agricultor cuenta para luchar contra las plagas y enfermedades, con los cultivares resistentes, con los fitosanitarios químicos y biológicos y con el manejo adecuado del cultivo. En la agricultura sostenible el

uso de fitosanitarios químicos está muy limitado lo que lleva a que los cultivares resistentes y el manejo del cultivo cobren mayor importancia.

El desarrollo de cultivares resistentes a enfermedades es muy anterior al de resistentes a plagas y comenzó con la consecución de cultivares con resistencia total, también llamada vertical, a hongos y a virus, resistencia que en la mayoría de los casos era monogénica y dominante. Cuando el patógeno es obligado, este tipo de resistencia produce la aparición de nuevas razas que llevan a la búsqueda e incorporación de nuevos genes de resistencia y a nuevas razas en una carrera sin fin. Sin embargo existen casos como *Verticillium*, y *Fusarium* razas 1 y 2, en los que la resistencia introducida en cultivares de tomate hace muchos años ha sido duradera.

La resistencia vertical seguirá teniendo su importancia tanto en agricultura convencional como en agricultura sostenible, pero la filosofía que subyace en el concepto de sostenibilidad es que planta y patógeno convivan en equilibrio admitiendo un cierto daño en las cosechas que puede ser asumido económicamente. En este caso estaríamos hablando de cultivares tolerantes a una enfermedad o plaga y su obtención lleva a la explotación de los mecanismos de defensa generales que las distintas especies exhiben al ser atacadas por un parásito. Estos mecanismos se dividen en barreras constitutivas, que están presentes en la planta independientemente que sea o no atacada por un parásito y en barreras que son activadas cuando el parásito entra en contacto con la planta. Esta última recibe el nombre de resistencia adquirida. Distinguimos a continuación entre tolerancia a enfermedades y a plagas porque los mecanismos de defensa son diferentes.

1.2.1. Tolerancia a enfermedades.

La reacción de una planta al ataque de un patógeno conlleva muchas adaptaciones fisiológicas y bioquímicas denominadas en general resistencias sistémicas adquiridas. Entre ellas cabe citar la lignificación de la pared celular, la síntesis de compuestos antimicrobiales de bajo peso molecular (fitoalexinas), la síntesis de inhibidores de enzimas fúngicos y la síntesis y acumulación de un conjunto de proteínas denominadas proteínas relacionadas con la patogénesis (proteínas PR).

La pared celular es la primera barrera de defensa contra la entrada de patógenos. Para defender la célula la pared contiene enzimas que generan radicales con oxígeno activo y radicales fenólicos (SOUTHERLAND, 1991) y erigen barreras compuestas de celulosa, callosa, lignina y suberina (DELEEUW, 1985). La peroxidasa es una enzima que está en la pared celular y que interviene en muchas de esas reacciones. La peroxidasa TobAnPOD introducida en tomate produjo plantas que tenían mucha más lignina en las hojas y en el fruto, y cuando un fruto se dañaba con una herida también producían mucha más lignina y fenoles que las plantas que no llevaban esa peroxidasa. Sin embargo las plantas con la peroxidasa no fueron más resistentes a *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, a *F. o.* f.sp. *lycopersici*, a *Verticillium dahliae* y al virus del mosaico del tabaco, quizá porque las plantas se infectaron muy jóvenes o con mucha cantidad de inóculo, porque la enzima no tenía el sustrato apropiado en tomate o porque en el mecanismo primario para la resistencia a esos patógenos no interviene esa peroxidasa (LAGRIMINI *et al.*, 1993). Aunque en este caso la peroxidasa probada no tuvo éxito, el conocimiento detallado de la formación de barreras que impiden o dificultan la colonización de la planta por el patógeno puede ayudar a conseguir plantas más tolerantes a enfermedades.

Las plantas sintetizan un conjunto de compuestos de bajo peso molecular, con propiedades antibióticas, que se acumulan en las plantas como respuesta a la infección de un patógeno, que fueron llamadas fitoalexinas. Entre ellas cabe citar los sesquiterpenoides sintetizados en patata y tabaco y la rishitina en tomate que aparece en tallos y frutos pero no

en hojas (D'HARLINGUE *et al.*, (1995). Hasta ahora se ha hecho muy poco trabajo para intentar expresar en un mismo genotipo una batería de genes que aumenten las concentraciones de las fitoalexinas.

Las proteínas PR están muy conservadas en el reino vegetal y se inducen por estreses bióticos y abióticos. Se localizan en el lugar de entrada del patógeno pero también en otros puntos de la planta por una reacción sistémica. Muchas de esas proteínas muestran actividad enzimática como las quitinasas, glucanasas y proteasas en el patógeno invasor, pero no se conoce bien su función exacta contra virus, bacterias y hongos. Por ejemplo se han aislado hasta 10 proteínas PR al infectar plantas de tomate con el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd) y al menos una de ellas, la P23, ha sido caracterizada y clonada, se acumula en vacuola e inhibe el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *Tricoctecium roseum*, *Phytophthora citrophora* y en menor medida de *Colletotrichum coccodes* (RODRIGO *et al.*, 1993). Otras proteínas PR pertenecientes al grupo PR-1 también han probado su capacidad antifúngica contra *Phytophthora infestans* (NIDERMAN *et al.*, 1995). Estas proteínas, sobreexpresadas en un genotipo, conducirían a aumentar su resistencia horizontal.

La síntesis de inhibidores de enzimas fúngicos es otro mecanismo de defensa de las plantas. Las glicoproteínas, quitinasas y β -1,3-glucanasas parecen ejercer esas funciones. Las glicoproteínas interfieren con la penetración del hongo porque inhiben las poligalacturonasas que el hongo emite para degradar las paredes celulares de la planta. Las glicoproteínas aisladas en tomate, judía y peral son parcialmente similares y han probado su acción fungicida contra *Botrytis cinerea* (STOTZ *et al.*, 1994). Aprovechar las glicoproteínas y en general todos estos compuestos que tienen actividad antifúngica puede ser un proceso largo porque no se sabe bien aún como actúan. Por ejemplo, se ha descrito que la sobreexpresión de quitinasas y β -1,3-glucanasas separadamente no aumenta la tolerancia del tomate a *Fusarium*, pero cuando se expresan conjuntamente sí que provocan un aumento significativo de la tolerancia, paralelo a la disminución de crecimiento del hongo *in vitro* (JONGEDIJK *et al.*, 1995).

Se ha demostrado que el ácido salicílico (SA) es la señal más importante que desencadena la resistencia sistémica adquirida, parece producirse en el lugar de contacto entre parásito y planta y trasladado luego a sitios más lejanos de la planta ejerciendo su efecto de señal tanto por síntesis endógena como por aplicaciones exógenas (STICHER *et al.*, 1997).

1.2.2. Tolerancia a insectos

Cuando un insecto se alimenta en una planta provoca un cúmulo de reacciones de defensa que incluyen tanto respuestas locales en el lugar donde el insecto se alimenta como respuestas sistémicas. Entre las respuestas locales están el incremento de actividad de los enzimas oxidativos lipoxigenasa (LOX) y polifenol oxidasa (PPO). Como respuestas sistémicas se citan PPO e inhibidores de proteinasas del insecto (PIs) que se sintetizan al recibirse una señal de ácido jasmónico (JA).

El JA se puede aprovechar incrementando su expresión en las plantas o pulverizándolo sobre las plantas. En cualquiera de los casos se produce un aumento de PPO y, sobre todo, de PIs. Se ha demostrado que plantas de tomate pulverizadas con JA reducen la población de *Franklinella occidentalis* que se alimenta del jugo celular, de *Spodoptera exigua* que come las hojas, de *Epitrix hirtipennis* que chupa la hoja, y de *Myzus persicae* que se alimenta de la savia del floema (TAHLER, 1999a). Además, las defensas que induce el JA hacen que se incremente el nivel de larvas de *Spodoptera exigua* parasitadas por la avispa *Hyposoter exiguae* (TAHLER, 1999b).

La sobreexpresión o la pulverización de JA se presentan como estrategias muy prometedoras para el control de plagas en agricultura sostenible o ecológica. Sin embargo también se han descrito algunos problemas como que el JA reduce la síntesis del ácido

salicílico que regula la resistencia a hongos, bacterias y virus (NIKI *et al.*, 1998) y que si el JA se utiliza a concentraciones elevadas (10 mM) reduce la producción en tomate (REDMAN *et al.*, 2001). Pero no hace falta llegar a las concentraciones probadas por REDMAN *et al.* (2001) puesto que a 0.5 mM el JA ya ejerce su acción contra las plagas.

Una barrera constitutiva que se puede aprovechar para conseguir plantas más tolerantes a plagas son los compuestos volátiles que las plantas producen y que son repelentes de algunas plagas. Es el caso de algunas entradas de tomate, cuyas hojas producen acilazúcares que parecen ser repelentes de la araña roja (SUAU y FERNÁNDEZ-MUÑOZ, comunicación personal). Las entradas de *Lycopersicon* con esa característica aparecen como una buena fuente de resistencia a araña roja en tomate (FERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.*, 2000).

1.3. Explotación de la interacción GxE

Se dice que existe interacción GxE cuando un genotipo se expresa de diferente manera en distintos ambientes. Esta interacción siempre existirá si los ambientes son muy extremos, pero su importancia práctica aparece cuando se produce entre ambientes relativamente cercanos como pueden ser distintas regiones agrícolas o distintos tipos de suelo. En la práctica de la mejora, lo que ocurre es que si se prueban un conjunto de genotipos en un ambiente y se ordenan con respecto a un carácter, esa ordenación no se mantiene cuando los mismos genotipos se prueban en otro ambiente. El aprovechamiento máximo de la interacción GxE se obtendría cuando la selección se realizase en el ambiente en el que luego se van a cultivar los resultados de la selección, pero eso en la práctica no es posible porque el número de ambientes es infinito. La cuestión para el mejorador se plantea en términos de eficacia: definir el número mínimo de ambientes en los que debe hacerse la selección sabiendo que cuanto menor sea el número de ambientes menor será también la explotación de la interacción GxE.

La interacción GxE puede dividirse en predecible y no predecible. La predecible ocurriría cuando el ambiente cambiase de modo relativamente sistemático. Por ejemplo, si ciertos cultivares se comportan sistemáticamente mejor en suelos con alta fertilidad y otros mejor en suelos con baja fertilidad, se podría en cierto modo predecir el comportamiento de los genotipos en distintos ambientes. En estos casos se podría buscar un conjunto de parcelas en el rango de fertilidad esperado y la selección se realizaría en esas parcelas. Los genotipos seleccionados se adaptarían a los distintos ambientes y se habría aprovechado efectivamente la interacción GxE. Otros ejemplos de cambio relativamente sistemático en el ambiente serían la disminución de la temperatura media cuando se asciende en altitud o el incremento en la salinidad de las aguas de riego aguas abajo de un valle.

En muchas ocasiones el factor ambiental causante de la interacción GxE se puede medir, pero no predecir. Tal sería el caso de una helada o un período de sequía que, coincidiendo o no con la fase más sensible en el desarrollo de las plantas, causaría una influencia y una interacción mayor o menor. Para el mejorador, el efecto de esta interacción no predecible es un aumento del error experimental que se traduce en una reducción de la capacidad para detectar efectos genéticos y, en definitiva, en una reducción de la capacidad de seleccionar. Al contrario que en el caso de la interacción predecible, la no predecible no se puede explotar. Sólo cabe minimizar sus efectos aumentando los ambientes en los que se efectúa la selección.

La explotación de la interacción GxE predecible para un carácter llevaría a seleccionar en muchos ambientes, probablemente lejanos al lugar de trabajo del seleccionador, con lo que se perdería la precisión con la que se podría seleccionar en sólo un ambiente. La teoría de la mejora genética puede ayudar a tomar decisiones. En la descripción que se da a continuación seguimos fundamentalmente a FALCONER (1974), a ATLIN y FREY (1989, 1990) y a ATLIN *et al.* (2001).

La relación de las respuestas de un genotipo o una población para un determinado carácter en el lugar de trabajo del mejorador (estación experimental) y en el ambiente donde se va a cultivar se puede expresar como:

$$R_T = i r_G \sqrt{H_S} \quad (1)$$

donde R_T es la correlación de la respuesta entre el ambiente para el que se selecciona y la estación experimental, i es la intensidad de selección que se aplica en la estación experimental, r_G es la correlación genotípica del genotipo o población cultivado entre el ambiente para el que se selecciona y la estación experimental y H_S es la repetibilidad o heredabilidad en sentido amplio o estricto en la estación experimental.

La *intensidad de selección* puede ser mayor en la estación experimental que cuando se utilizan varios campos de selección porque en la estación se pueden cultivar mayores poblaciones y se pueden cultivar y observar con más cuidado, lo que disminuye los errores en la caracterización del fenotipo de cada planta o línea. Una manera de incrementar en cierto modo la intensidad de selección cuando se manejan varios campos de selección sería cultivar en cada campo un conjunto de líneas diferente y considerar cada campo como un bloque incompleto. Así se podría seleccionar la mejor línea de cada campo y luego probar sólo las líneas seleccionadas. De este se aumentaría la intensidad de selección pero se necesitaría más tiempo (dos periodos de cultivo) para la evaluación.

La *correlación del comportamiento entre la estación y el ambiente para el que se selecciona* es una medida de los efectos genotípicos de la estación que se expresan en el ambiente para el que se selecciona, es decir, de la exactitud con que se puede predecir el comportamiento en el ambiente en el que se cultivará conociendo el comportamiento en la estación. La correlación genética entre el comportamiento de los genotipos en el ambiente para el que se selecciona y el comportamiento cuando se utilizan varios campos de selección con características cercanas al ambiente objetivo es muy alta y puede llegar a ser incluso 1.

Cuando la selección se efectúa en la estación experimental los cultivos se suelen llevar con un manejo óptimo y los estreses que padecen suelen ser reducidos. Pero para muchos caracteres de importancia económica capital como la producción de grano, la correlación genética entre ambientes con alta y con baja producción suele ser pequeña y parece decrecer conforme aumenta el grado de estrés en el ambiente de baja productividad. Así ha sido demostrado por BAZINGER *et al.* (1997) para maíz en ambiente tropical, por COOPER *et al.* (1997) para trigo y por FUKAI *et al.* (1999) para arroz de secano. En tomate la interacción GxE al cultivar dentro y fuera de invernadero también fue muy importante para los caracteres de precocidad y de número de frutos/racimo, en cambio no lo fue para producción de fruto (CUARTERO y CUBERO, 1982).

Si las características ambientales entre la estación y el ambiente para el que se selecciona no son muy diferentes la correlación genética suele ser alta. Por ejemplo, HALLAUER y COLVIN (1985) no encontraron interacciones GxE entre líneas de maíz y sistema de laboreo, lo que indica que para obtener cultivares adaptados a la agricultura sostenible quizá bastaría con seleccionar en un modo de cultivo similar al que luego se empleará.

El tipo de material genético a obtener como fruto de la selección también tiene su importancia. CUARTERO y CUBERO (1982) demuestran en tomate que los híbridos presentan menor interacción ambiental que las líneas para caracteres tan importantes como producción total, peso del fruto, frutos/racimo y precocidad. Los híbridos se comportan más regularmente que las líneas quizá porque el desarrollo en los híbridos esté mejor canalizado que en las líneas lo que sugiere que los híbridos pueden dar un resultado medio mejor que las líneas en condiciones ambientales cambiantes, como serán las resultantes de cultivar con la metodología de la agricultura sostenible.

La correlación genética entre la estación y el ambiente en el que se va a cultivar el resultado de la selección se puede aumentar aplicando el método de cultivo o los estreses que

se crea van a tener lugar en el ambiente objetivo. En el caso de que el objetivo sea obtener cultivares para agricultura sostenible se deberían aplicar en la estación no sólo las prácticas de cultivo de la agricultura sostenible sino también los estreses que más frecuentemente ocurran en el ambiente objetivo. En esos estreses se incluyen los abióticos pero también se deben tener muy en cuenta los bióticos, provocando infecciones artificiales de aquellas enfermedades o plagas que con mayor frecuencia se presenten. A su vez, si la especie lo permite, el objetivo debería ser obtener híbridos en vez de variedades para aprovechar la mejor canalización del desarrollo de los híbridos.

La *heredabilidad* mide la precisión con que se pueden detectar las diferencias genéticas entre individuos. La heredabilidad en sentido amplio viene determinada por:

$$H_S = \sigma^2_G / (\sigma^2_G + (\sigma^2_{GS}/S) + (\sigma^2_{GY}/Y) + (\sigma^2_{GSY}/SY) + (\sigma^2_E/SYR)) \quad (2)$$

donde σ^2_G , σ^2_{GS} , σ^2_{GY} , σ^2_{GSY} y σ^2_E son las varianzas genotípica, genotipo x lugar, genotipo x año, genotipo x lugar y año, y varianza residual respectivamente, siendo S, Y, y R el número de lugares, años y repeticiones dentro de año y lugar.

Una de las maneras de aumentar la heredabilidad es aumentar la varianza genética mediante, por ejemplo, cruces entre parentales muy distantes genéticamente. Pero ese tipo de cruzamientos lleva a cultivar poblaciones muy grandes que difícilmente se pueden manejar cuando se llevan varios campos de selección en lugares más o menos distantes de la estación experimental.

También queda claro que aumentando el número de lugares, años y repeticiones se aumenta la heredabilidad, pero para saber qué es más conveniente, si aumentar los lugares, los años o las repeticiones, es necesario tener una idea de la cuantía comparativa de las distintas varianzas. ATLIN *et al.* (2001) han hecho una recopilación de valores de las distintas varianzas muy ilustrativa que aquí se da en forma de porcentajes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Componentes de la varianza para cultivares (σ^2_G), cultivar x lugar (σ^2_{GS}), cultivar x año (σ^2_{GY}), cultivar x lugar x año (σ^2_{GSY}) y varianza residual dentro de lugar y año (σ^2_E) para producción expresadas como % de la varianza total. Atlin *et al.* (2001).

Table 1. Cultivar (σ^2_G), cultivar x site, (σ^2_{GS}), Cultivar x year (σ^2_{GY}), cultivar x site x year (σ^2_{GSY}) and within-site-year (σ^2_E) variance components for yield, expressed as % of total variance. Atlin *et al.* (2001).

Especie	σ^2_G	σ^2_{GS}	σ^2_{GY}	σ^2_{GSY}	σ^2_E
Cebada ⁽¹⁾	18	8	5	18	50
Avena ⁽¹⁾	28	13	5	72	41
Trigo (Australia) ⁽²⁾	13	4	5	29	48
Trigo (UK) ⁽³⁾	27	2	6	31	35
Patata ⁽³⁾	20	6	5	30	38
Arroz líneas al azar ⁽⁵⁾	7	1	6	32	54
Arroz líneas seleccionadas ⁽⁴⁾	29	12	3	29	26

(1) ATLIN y MCRAE (1994), (2) CULLIS *et al.* (1996), (3) TALBOT (1984), (4) COOPER *et al.* (1999), (5) COOPER y SOMRITH (1997).

La varianza residual es muy alta en todos los casos (Cuadro 1) lo que indica que se debe poner atención en reducir la variabilidad dentro de la parcela de selección, evitando diferencias en tipo de suelo, fertilidad, acumulación de agua etc. Esta variabilidad se podrá reducir más en el caso de que se utilice la estación experimental para seleccionar que cuando se empleen varias parcelas fuera de la estación. La varianza de la interacción entre lugares y años es mucho mayor que la de lugares y años por separado en la mayoría de los casos, lo que

indica que los genotipos se deben probar en varios lugares y varios años y que se ganaría muy poco probando los genotipos en muchos lugares un único año o durante muchos años en un solo lugar. La varianza genética es la tercera en importancia numérica pero es el único parámetro en el numerador de la fracción de estima de la heredabilidad y tiene por tanto un gran peso. Se ha de ir a buscar cruzamientos o poblaciones que maximicen la varianza genética.

La composición genética de la población tiene también una gran importancia. Más arriba se apuntó que los híbridos eran, en general, más estables que las líneas (CUARTERO y CUBERO, 1982), pero también en el Cuadro 1 hay una indicación muy clara de la importancia de la composición genética de la población. Cuando las líneas que se prueban se eligen al azar la heredabilidad es bajísima, en cambio cuando las líneas son un conjunto procedente de un programa de mejora el comportamiento cambia totalmente y la importancia de las interacciones disminuye drásticamente.

Volviendo a la ecuación inicial (1) queda claro que para maximizar r_G se debe elegir cuidadosamente el ambiente en el que se van a probar y a seleccionar los genotipos. Ello llevará a la obtención de cultivares muy bien adaptados a ese microambiente pero con pocas posibilidades de adaptarse a otras condiciones ambientales. Los cultivares obtenidos podrán ser muy populares en el ambiente para el que fueron seleccionados pero su difusión a otros ambientes será limitada. Hacer máxima H_S lleva consigo actuar sobre poblaciones de amplia variabilidad genética y probar y seleccionar esas poblaciones en varios años y localidades. Este tipo de programas requiere unos recursos que sólo están en manos de empresas multinacionales o en organizaciones internacionales. Los resultados de estos programas se adaptarán a condiciones de cultivo con poco estrés (r_G alta y positiva) y un poco peor a condiciones de cultivo con estrés medio (r_G media-baja pero positiva) que puede ser el caso de la agricultura sostenible.

1.4. Las posibilidades de la selección indirecta

La selección indirecta por marcadores muy poco influidos por el ambiente, como son los marcadores moleculares, parece tener su máxima aplicación en el tipo de situaciones en que el ambiente enmascara gran parte de la variabilidad genética. Así sucede en general para marcadores ligados a caracteres monogénicos como resistencias a enfermedades o para caracteres fisiológicos monogénicos relacionados con la absorción y eficiencia en la utilización de los nutrientes. En el caso de los caracteres poligénicos sin embargo, antes de aplicar técnicas moleculares para ayudar a seleccionar, hay que asegurarse de que los QTLs que rigen el carácter no tienen interacción con el ambiente y se expresan en distintas condiciones ambientales. Los casos descritos por RUSH *et al.* (2002) en *Arabidopsis* para absorción de nitrógeno proveniente de distintas fuentes y por KAMOSHITA *et al.* (2002) para morfología de sistema radical profundo en arroz indican una clara interacción entre los QTLs encontrados y el ambiente.

2. DIFUSIÓN DE LOS CULTIVARES OBTENIDOS PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Las mayores posibilidades de éxito en la obtención de cultivares adaptados a una agricultura de bajos insumos, en la que los estreses ambientales juegan un importante papel, parecen tenerla las organizaciones internacionales con grandes programas mundiales de mejora y los pequeños programas dirigidos a un ambiente concreto. Los cultivares procedentes de los pequeños programas tendrán pocas posibilidades de competir en otros ambientes que no sean el restringido para el que fueron obtenidos, porque en él es donde

explotan el máximo la interacción GxE. En cambio, los procedentes de grandes programas se adaptarán a un conjunto muy amplio de ambientes que no padezcan excesivas situaciones de estrés. Con estas perspectivas cabe pensar que pocas empresas de semillas entrarán a intentar conseguir cultivares adaptados a unas condiciones ambientales reducidas y que serán las obtenciones procedentes de las organizaciones internacionales las que se impongan como base de la agricultura sostenible.

Otras investigaciones, como las necesarias para sacar el máximo provecho de la resistencia horizontal a plagas y a enfermedades o las conducentes a conseguir plantas más eficientes en la absorción y en la utilización de nutrientes, pueden ser abordadas por equipos relativamente reducidos de investigadores. Sus obtenciones podrían pasar a los programas de mejora de las empresas de semillas o de las organizaciones internacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- ATLIN, G.N., COOPER, M., BJORNSTAD, A. 2001. A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica* 122: 463-475.
- ATLIN, G.N., FREY, K.J. 1989. Breeding crop varieties for low-input agriculture. *Am. J. Alt. Agric.* 4: 53-57.
- ATLIN, G.N., FREY, K.J. 1990. Selecting oat lines for yield in low productivity environments. *Crop Sci.* 30: 556-561.
- ATLIN, G.N., MC RAE, K.B. 1994. Resource allocation in Maritime cereal cultivar trials. *Can. J. Plant Sci.* 74: 501-505.
- BÄNZIGER, M., BETRÁN, F.J., LAFITTE, H.R. 1997. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. *Crop Sci.* 37: 1103-1109.
- CAJNES, A.M., SHENNAN, C. 1999. Growth and nutrient composition of Ca⁺² use efficient and Ca⁺² use efficient genotypes of tomato. *Plant Physiol. Biochem.* 37: 559-567.
- CECCARELLI, S., GRANDO, S., HAMBLIN, J. 1992. Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. *Euphytica* 94: 49-58.
- CHEN, J., GABELMAN, W.H. 1995. Isolation of tomato strains varying in potassium acquisition using a sand-zeolite culture system. *Plant Soil*, 176: 65-70.
- CHEN J., GABELMAN, W.H. 1999. Potassium-transport rate from root to shoot unrelated to potassium-use efficiency in tomato grown under low-potassium stress. *J. Plant Nut.* 22: 621-631.
- CHEN, J., GABELMAN, W.H. 2000. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. *Scien. Hort.* 83: 213-225.
- CHRISTIE, E.K., MOORBY, J. 1975. Physiological responses of semi-arid grasses. I. The influence of phosphorus supply on growth and phosphorus absorption. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 423-436.
- COLTMAN, R.R., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H. 1985. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110: 140-144.
- COOPER, M., RAJATASEREKUL, S., IMMARM, S., FUKAI, S., BASNAYAKE, J. 1999. Rainfed lowland rice breeding strategies for northeast Thailand. I. Genotypic variation and genotype x environment interaction for grain yield. *Field Crops Res.* 64: 131-151.
- COOPER, M., SOMRITH, B. 1997. Implications of genotype-by-environment interactions for yield adaptation of rainfed lowland rice: Influence of flowering date on yield variation. En: S. Fukai, M. Cooper, J. Salisbury (Eds.), *Breeding strategies for rainfed lowland rice in drought-prone environments. ACIAR Proceedings N°.* 77: 104-114.

- COOPER, M., STUCKER, R.E., DELACY, I.H., HARCH, B.D. 1997. Wheat breeding nurseries, target environments, and indirect selection for grain yield. *Crop Sci.* 37: 1168-1176.
- CUARTERO, J., CUBERO, J.I. 1982. Genotype-environment interaction in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 61: 273-277.
- CULLIS, B.R., THOMPSON F.M., FISHER, J.A., GILMOUR, A.R., THOMPSON, R. 1996. The analysis of the NSW wheat variety data-base. II. Variance component estimation. *Theor. Appl. Genet.* 92: 28-39.
- DELEEUW, G.T.N. 1985. Deposition of lignin, suberin and callose in relation to the restriction of infection by *Botrytis cinerea* in ghost spots of tomato fruits. *Phytopatholog. Z.* 112: 143-152.
- D'HARLINGUE, A., MAMDOUTH, A.M., MALFATTI, P., SOULIE, M.C., BOMPEIX, G. 1995. Evidence for rishitin biosynthesis in tomato cultures. *Phytochem.* 39: 69-70.
- FALCONER, D.S. 1974. Introducción a la genética cuantitativa. 4ª edición, Compañía Editorial Continental, México, 430pp.
- FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R., DOMÍNGUEZ, E., CUARTERO, J. 2000. A novel source of resistance to the two-spotted spider mite in *Lycopersicon pimpinellifolium* (Jusl.) Mill.: its genetics as affected by interplot interference. *Euphytica* 111: 169-173.
- FRINK, C.R., WAGGONER, P.E., AUSUBEL, J.H. 1999. Nitrogen fertilizer: retrospect and prospect. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96: 1175-1180.
- FUKAI, S., COOPER, M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Res.* 40: 67-86.
- FUKAI, S., PANTUWAN, G., JONGDEE, B., COOPER, M. 1999. Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. *Field Crops Res.* 64: 61-74.
- HALLAUER, A.R., COLVIN, T.S. 1985. Corn hybrids response to four methods of tillage. *Agron. J.* 77: 547-550.
- JONGEDIJK, E., TIGELAAR, H., VAN ROEKEL, J.S.C., BRES-VLOEMANS, S.A., DEKKER, I., VAN DEN ELZEN, P.J.M., CORNELISSEN, B.J.C., MELCHERS, L.S. 1995. Synergistic activity of chitinases and β -1,3-glucanases enhances fungal resistance in transgenic tomato plants. *Euphytica* 85: 173-180.
- KAMOSHITA, A., WADE, L.J., ALI, M.L., PATHAN, M.S., ZHANG, J., SARKARUNG, S., NGUYEN, H.T. 2002. Mapping QTLs for root morphology of a rice population adapted to rainfed lowland conditions. *Theor. Appl. Genet.* 104: 880-893.
- LAGRIMINI, L.M., VAUGHN, J., ERB, W.A., MILLER, S.A. 1993. Peroxidase overproduction in tomato: Wound-induced polyphenol deposition and disease resistance. *HortScience* 28: 218-221.
- NIDERMAN, T., GENETET, I., BRUYÈRE, T., GEES, R., STINTZI, A., LEGRAND, M., FRITIG, B., MÖSINGER, E. 1995. pathogenesis-related pr-1 proteins are antifungal. *Plant Physiol.* 108: 17-27.
- PEOPLES, M.B., CRASSWELL, E.T. 1992. Biological nitrogen fixation: investment, expectations, and actual contributions to agriculture. *Plant Soil*, 141: 13-39.
- RALLO, L., FERNÁNDEZ, R., CALDENTEY, P., CAMBRA, M., CUARTERO, J., GARCÍA, A., GRACIA, C., GUARDIOLA, J. L., MARTÍNEZ, P. F., PARRA, M. A., PLIEGO, F., RECASENS, I. 1999. Diccionario de Ciencias Hortícolas. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 605 pp.
- RAUH, B.L., BASTEN, C., BUCKLER IV, E.S. 2002. Quantitative trait loci analysis of growth response to varying nitrogen sources in *Arabidopsis thaliana*. *Theor. Appl. Genet.* 104: 743-750.
- REDMAN, A.M., CIPOLLINI JR. D.F., SCHULTZ, J.C. 2001. Fitness costs of jasmonic acid-induced defense in tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Oecologia* 126: 380-385.
- RIZZI, E., BALCONI, C., MORSELLI, A., MOTTO, M. 1995. Genotypic variation and relationships among N-related traits in maize hybrid progenies. *Maydica* 40: 253-258.

- RODRIGO, I., VERA, P., TORNERO, P., HERNÁNDEZ-YAGO, J., CONEJERO, V. 1993. cDNA cloning of viroid-induced tomato pathogenesis-related protein P23. *Plant Physiol.* 102: 939-945.
- SMICKLAS, K.D., BELOW, F.E. 1990. Influence of heterotic pattern on nitrogen use and yield of maize. *Maydica* 35: 209-213.
- SOUTHERLAND, M.W. 1991. The generation of oxygen radicals during host plant responses to infection. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 39: 79-93.
- STICHER, L., MAUCH-MANI, B., MÉTRAUX, J.P. 1997. Systemic acquired resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35: 235-270.
- STOTZ, H.U., CONTOS, J.J.A., POWELL, A.L.T., BENNETT, A.B., LABAVITCH, J.M. 1994. Structure and expression of an inhibitor of fungal polygalacturonases from tomato. *Plant Mol. Biol.* 25: 607-617.
- TAHLER, J.S. 1999a. Jasmonic acid mediated interactions between plants, herbivores, parasitoids, and pathogens: A review of field experiments in tomato. En A.A. Agrawal, S. Tuzun, E. Bent (Eds). *Inducible plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, ecology, and agriculture.* APS Press, USA, 319-334.
- TAHLER, J.S. 1999b. Jasmonate-inducible plant defences cause increased parasitism of herbivores. *Nature* 399: 686-688.
- TALBOT, M. 1984. Yield variability of crop varieties in the UK. *J. Agri. Sci. (Camb.)*. 102: 315-321.
- UD-DIN, N., CARVER, B.F., CLUTTER, A.C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89-96.
- WOOD, R., OREL, V. 2001. *Genetic prehistory in selective breeding. A prelude to Mendel.* Oxford University Press, Oxford, UK. 342 pp.

UTILIZACIÓN DE PATRONES RESISTENTES A NEMATODOS EN FRUTALES DE HUESO

J. Gómez Aparisi, M. Carrera Morales, R. Socías i Company.
Fruticultura SIA-DGA. Apto 727. 50.080 Zaragoza.

RESUMEN

Se presentan los datos de vigor, producción y contenido en clorofila de tres patrones híbridos almendro x melocotonero de hoja roja y resistentes a nematodos agalladores, del programa de mejora genética del S.I.A.: 'Monegro', 'Garnem' y 'Felinem'. Los ensayos comparativos incluyen suelos de replantación y de nueva instalación. En el caso de replantación, el comportamiento de los nuevos híbridos es superior al control 'GF 677', mientras que en condiciones normales muestran todos un vigor similar. En estas condiciones hasta conocer mejor las causas de este comportamiento, parece recomendable utilizar estos patrones en condiciones de replantación.

Palabras clave: Patrones, Híbridos almendro x melocotonero, *Prunus*, Resistencia, Nematodos, Clorosis.

INTRODUCCIÓN

Las características limitantes del suelo y los patógenos, afectan severamente la producción de los *Prunus* en una amplia zona de la región Mediterránea. El uso de los patrones adecuados puede constituir la base para la adaptación de los árboles a algunos de esos problemas.

España es uno de los principales países europeos productores de frutas de hueso: melocotón (incluida nectarina), albaricoque, ciruela y almendra. Sin embargo, las regiones que disponen de un clima favorable para estos frutales son en su gran mayoría, zonas con suelos pesados, calizos (Gómez Aparisi, 1991), poco adecuados para el buen comportamiento de los patrones francos de semilla, que son los más frecuentemente utilizados en otros países productores de esos mismos frutos.

La expansión de las zonas de cultivo especialmente en zonas con climas favorables provocan la ocupación de suelos de mala calidad que en condiciones normales no se utilizarían para el cultivo frutal (Gómez Aparisi, 1993). Esta expansión ha sido posible gracias a la existencia de una amplia gama de patrones con influencias variables tanto en la adaptación como en la producción frutal (Carrera y Gómez Aparisi, 1998; Felipe, 2000) Finalmente hay que considerar los problemas que se plantean en los casos de replantación de huertos frutales, cuando se quiere seguir cultivando la misma especie (García de Otazo, 1992; Gómez Aparisi *et al.*, 2000).

Los nematodos afectan severamente a los cultivos de frutales del género *Prunus*. Debido a los intercambios nacionales e internacionales, las plantas de vivero de *Prunus* constituyen un medio muy común de diseminación de estas plagas tan polífagas. Los nematodos se controlan habitualmente mediante tratamientos químicos del suelo con productos de alta toxicidad, utilizados sistemáticamente en viveros, plantaciones intensivas y replantación de huertos.

El programa de mejora genética de patrones de la Unidad de Fruticultura del S.I.A. desde su inicio (Felipe *et al.*, 1997) se ha dirigido a la creación y selección de patrones para frutales de hueso particularmente melocotonero y almendro. El principal objetivo del programa de mejora de patrones *Prunus* del SIA de Zaragoza, dado el gran potencial de mejora genética que ofrece (Salesses *et al.*, 1994) es el desarrollo de nuevos patrones, mejor adaptados a las diferentes condiciones adversas de suelo y a algunos patógenos, que los patrones comerciales actualmente existentes. La resistencia a nematodos (Pinochet *et al.*, 1996), clorosis férrica, fácil propagación, buen comportamiento en vivero y campo, hoja roja han sido los principales objetivos perseguidos (Felipe *et al.*, 1997).

De este programa, por su buen comportamiento han destacado, en los ensayos previos de campo realizados en diferentes condiciones, tres selecciones de híbridos almendro x melocotonero de la serie 'Garfi' x 'Nemared': 'Monegro', 'Garnem' y 'Felinem' (Gómez Aparisi *et al.*, 1998; 2000; 2001), que cumplen las condiciones exigidas, mientras que 'Felinem' muestra además una moderada resistencia a *Pratylenchus vulnus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 1995 se plantaron dos ensayos comparativos a un marco de 5 x 5 m, en suelos francos en la finca del S.I.A. tras el arranque de una plantación de melocotonero sobre patrón 'Nemaguard' y otro ensayo en 1996 en suelo de nueva plantación a un marco de 5 x 4 m con ocho patrones híbridos que incluían 'Monegro', 'Garnem', 'Felinem', 'GF 677', 'Nemared' y otros patrones híbridos en vías de selección. En los tres casos el diseño estadístico es en bloques al azar con ocho repeticiones, utilizando el árbol como parcela elemental.

En los ensayos de replantación se procedió a la plantación de los árboles inmediatamente tras el arranque de la plantación previa y tras el mínimo acondicionamiento del terreno.

El riego hasta el momento presente ha sido por inundación. Se ha controlado el perfil de humedad del suelo mediante bloques de yeso instalados a 30, 60 y 90 cm de profundidad. Los cuidados de plagas y fertilizantes han sido los habituales recomendados por el Servicio de Plagas de la DGA y las prescripciones habituales del SIA.

Los datos de vigor se han tomado midiendo el perímetro del tronco 15 cm sobre el punto de injerto a la caída de la hoja.

Se ha controlado la producción de cada árbol pesando la cosecha y contando el número de frutos.

Se ha controlado periódicamente el nivel de clorofila utilizando el medidor de clorofila SPAD 502 de Minolta, en hojas totalmente desarrolladas.

Los datos se han analizado utilizando el programa estadístico Statview de la Universidad de Zaragoza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por la corta edad de los ensayos, se presenta solamente un avance de los resultados de vigor y producción y contenido en clorofila correspondientes al año 2001.

Vigor

En la Figura 1 como en suelo de replantación, se puede apreciar el menor vigor ($p < 0,05$) de los patrones 'Nemared' respecto a todos los híbridos y de 'GF 677' respecto a "Monegro", 'Garnem' y 'Felinem' que muestran un comportamiento superior y similar entre ellos.

En la Figura 2 se muestra el desarrollo alcanzado por 'Catherine' sobre los patrones, pero en un emplazamiento donde antes no habían habido frutales, pudiéndose apreciar que aunque al principio (Gómez Aparisi et al., 2000) el comportamiento era similar entre todos los patrones híbridos, en este momento aparecen diferencias significativas en vigor entre el 'GF 305' y todos los híbridos, pero también empiezan a aparecer diferencias significativas ($p < 0,05$) entre 'GF 677' y los clones 'Garnem' y 'Monegro'.

Producción

Los datos de la cosecha de 2001 (Figura 3) muestran las diferencias significativas ($p < 0,05$) que aparecen entre 'Nemared' y todos los patrones híbridos, que tienen producciones similares, en situación de replantación,

En situación de plantación normal, que es un año más joven, (Figura 4) aparecen diferencias significativas entre el 'GF 305' y todos los patrones híbridos, no obstante empiezan a observarse diferencias significativas en la producción entre los distintos clones, destacando la producción del 'GF677' que confirma su gran potencial productivo como lo evidencian datos previamente obtenidos en similares condiciones (Carrera y Gómez Aparisi, 1998).

Valores Spad

Se presentan los datos correspondientes al día 13 de julio de 2001. El contenido en clorofila evaluado con el medidor SPAD presenta unos valores normales y no ha detectado diferencias significativas en condiciones de replantación (Figura 5). En cambio en la plantación normal, que es un año más joven, los valores son mayores y para las mismas circunstancias, aparecen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el franco 'GF 305' y todos los patrones

híbridos (Figura 6). Por otro lado se detectan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los patrones híbridos, destacando entre todos ellos el clon 'Monegro'.

Figura 1. Valores de perímetro de tronco del melocotonero 'Catherine' injertado sobre varios patrones replantado en 1995.

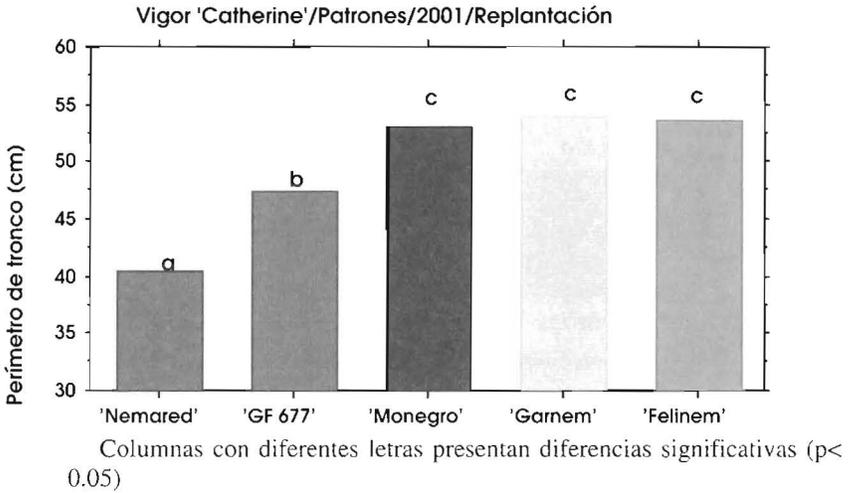


Figura 2. Valores de perímetro de tronco del melocotonero 'Catherine' injertado sobre varios patrones plantado en 1996.

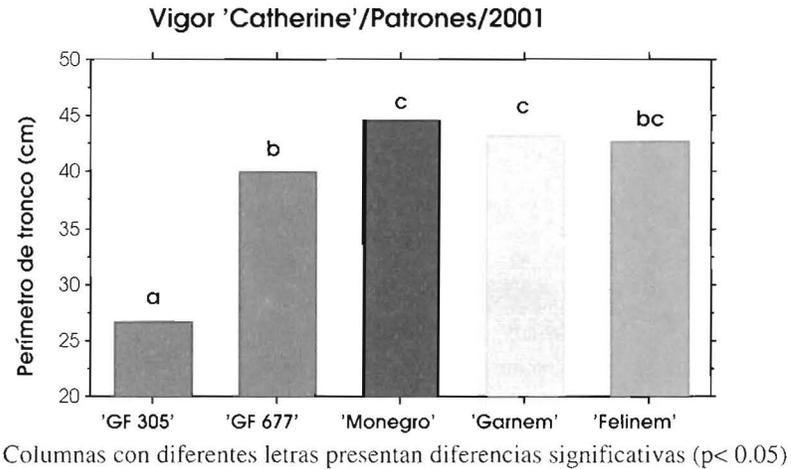
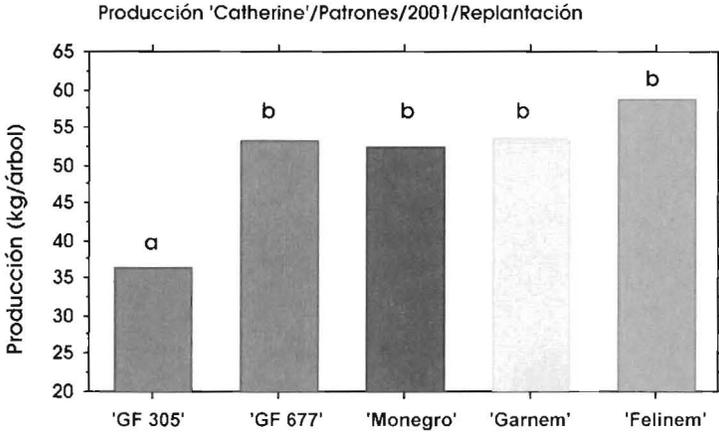
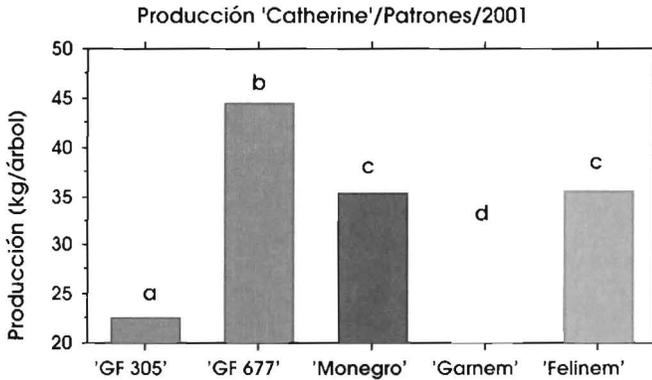


Figura 3. Producciones medias por árbol de 'Catherine injertado sobre varios patrones, replantados en 1995



Columnas con diferentes letras presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 4. Producciones medias por árbol del melocotonero 'Catherine' injertado sobre varios patrones plantado en 1996. Columnas con diferentes letras presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)



Columnas con diferentes letras presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 5. Contenido en clorofila del melocotonero 'Catherine' injertado sobre varios patrones replantado en 1995

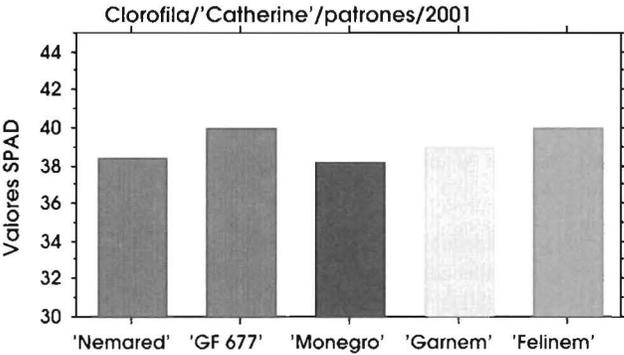
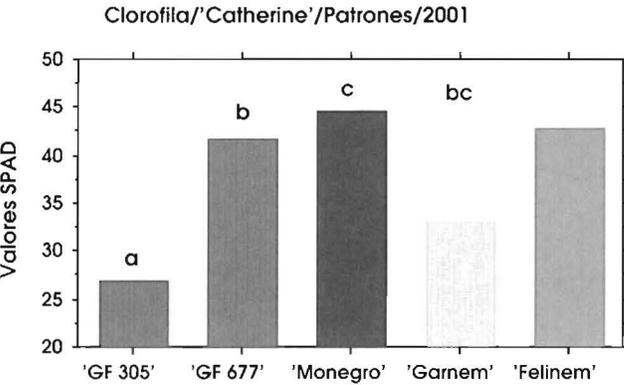


Figura 6. Contenido en clorofila del melocotonero 'Catherine' injertado sobre varios patrones plantado en 1996



Columnas con diferentes letras presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

CONSIDERACIONES FINALES

En la elección del patrón para una plantación es imprescindible considerar las condiciones edafoclimáticas del medio y decidir de acuerdo con el mejor comportamiento de un tipo dado (Carrera y Gómez Aparisi, 1998). Aunque la tendencia del agricultor sea elegir el patrón que produce la mayor calidad de fruta, el primer criterio siempre debería ser elegir el patrón mejor adaptado al suelo, para evitar en el futuro la aparición de problemas de difícil resolución que puede llevar incluso al arranque de la plantación.

El uso de los patrones que evitan la multiplicación de nemátodos, y su posible dispersión desde el vivero, constituye un método efectivo, rentable y ecológico, alternativo al control mediante tratamientos químicos de suelo en el cultivo de frutales de algunas especies del género *Prunus* en las condiciones de cultivo Mediterráneas.

El buen comportamiento mostrado en los primeros años de plantación en relación a la respuesta del 'GF 677' puede hacer a estos nuevos patrones especialmente recomendables en condiciones de replantación, sobre todo teniendo en cuenta que hasta el momento no se aprecian diferencias en otros parámetros estudiados (Datos no mostrados).

Las características limitantes de suelo y los patógenos, afectan severamente la producción de los *Prunus* en una amplia zona de la región Mediterránea. El uso de los patrones adecuados puede constituir la base para la adaptación de los árboles a algunos de esos problemas dada la gran potencialidad que ofrece la mejora genética en este campo (Salesses *et al.*, 1994). La utilización de patrones resistentes a nematodos y bien adaptados a las condiciones de cultivo, constituye una alternativa efectiva tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Estos trabajos se han realizado gracias a la financiación del INIA (Proyectos 9530 y 9935).

Agradecemos la participación y toma de datos por parte de M.C. Altarriba, O. Frontera y S. Ruber; así como la colaboración en campo de J. Castillo y J. Sánchez Mesones.

BIBLIOGRAFÍA

Carrera, M.; Gómez Aparisi, J. 1998. Rootstock influence on the performance of the peach variety 'Catherine'. *Acta Hort.* 465 Vol 2: 573-577.

Felipe, A.J. 2000. El almendro. I. El material vegetal. *Integrum*, Lérida: 461 pp.

Felipe, A.; Gómez Aparisi, J.; Socías i Company, R.; Carrera, M. 1997. The almond x peach hybrid rootstocks breeding program at Zaragoza (Spain). *Acta Hort.* 451 Vol 1: 259-262.

García de Otazo L. 1992. La problemática de la replantación de frutales en las comarcas frutícolas de Lleida. *Fruticultura Profesional*, 44: 5-20.

Gómez Aparisi, J., 1991.- Patrones de almendro: comportamiento frente a factores ambientales adversos. *I.T.E.A.* 87V (3):129-136.

- Gómez Aparisi, J., 1993. Nutrición del melocotonero. Hortofruticultura 2 : 63-68 .
- Gómez Aparisi, J.; Felipe, A.; Carrera, M.; Socías i Company, R. 1999. Nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos. Congreso SECH Murcia.
- Gómez Aparisi, J.; Carrera, M.; Felipe, A.; Socías i Company, R. 2000. Comportamiento en replantación de nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero. ITEA vol extra nº 21 y Actas de Horticultura nº 29:31-37
- Gómez Aparisi, J.; Carrera, M.; Felipe, A.; Socías i Company, R. 2001.. 'Garnem', 'Monegro' y 'Felinem': nuevos patrones híbridos almendro x melocotonero resistentes a nematodos y de hoja roja para frutales de hueso. ITEA Vol 97V (3): 282-287.
- Iglesias, I.; Dalmau, R.; Montserrat, R.; Carbó, J.; Bonany, J.; Guanter, G. 2000. Comportamiento agronómico de 23 patrones de melocotonero con la variedad 'Elegant Lady® (Meridame)' en Lleida y Girona.: ITEA vol extra nº 21 y Actas de Horticultura nº 29:21-29.
- Pinochet, J.; Anglés, M.; Dalmau, E.; Fernández, C.; Felipe, A. 1996. *Prunus* rootstock evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. J. Nematol. 28: 616-623.
- Salesses, G.; Grasselly, C., Bernhard, R. 1994. Utilisation des espèces indigènes et exotiques pour l'amélioration des *Prunus* cultivés, variétés et porte-greffe. C.R. Acad. Agric. Fr. 80: 77-88.

LA AGRICULTURA SOSTENIBLE, CON ESPECIAL ÉNFASIS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS*

R. Labrada

Servicio de Protección Vegetal

FAO, Roma

e-mail: Ricardo.Labrada@FAO.org

RESUMEN

La presente ponencia describe los conceptos más importantes en materia de agricultura sostenible, a la vez que discute la situación del Manejo Integrado de Cultivos y hace especial énfasis en las vías de promover programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) como vía factible de reducción del uso de plaguicidas en la agricultura. El texto al final hace también un análisis sobre la actual polémica relativa al uso de cultivos transgénicos, particularmente de aquellos resistentes a herbicidas e insectos, e informa sobre el proyecto de guía propuesto por FAO a fin de evaluar los posibles peligros al ambiente del uso de estos materiales transgénicos..

I. INTRODUCCION

Es prudente examinar cual es la situación en el mundo y las tendencias predominantes antes de entrar a discutir el tema de la sustentabilidad o sostenibilidad. En el contexto mundial existen varias tendencias que determinan muchos aspectos de la economía de los países y su interacción, a saber:

- Distribución desigual de los alimentos (la producción mundial de alimentos aumenta, pero el número de hambrientos lejos de reducirse también aumenta)

El mundo ya posee una población mundial por encima de los 6 mil 100 millones de habitantes, con 826 millones de personas padeciendo problemas nutricionales o con inseguridad alimentaria o que no llegan a satisfacer los requerimientos nutricionales de 100-400 kilocalorías (kcal) diarias. Del total indicado, América Latina posee 55 millones de hambrientos, o sea alrededor de un 35% de lo existente en Africa y sobre un 10% de lo existente en Asia. Con el crecimiento demográfico previsto para el año 2025 se prevé un aumento del número de hambrientos de no tomarse medidas inmediatas para aliviar el problema de la alimentación.

La realidad es una, alimentos no faltan en este mundo para darle de comer a la población, pues lo que existe, es una distribución desigual de estos alimentos. Paradójicamente, los países desarrollados son productores netos de alimentos, mientras que los países pobres son suministradores de materia prima agrícola como azúcar no refinada, café, cacao, tabaco, algodón y otros. Si este estado de cosas cambiase, una parte del mundo sub- desarrollado no sufriría de hambre. Las Naciones Unidas han identificado el acceso a una adecuada alimentación como un derecho individual y una responsabilidad colectiva. La Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 proclamó que “cada cual tiene el derecho a un standard de vida adecuado para su salud y el bienestar individual y de su familia, incluyendo la alimentación.....”. 20 Años más tarde, la Convención Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1966) desarrolló estos conceptos más cabalmente, puntualizando “el derecho de cada cual a una alimentación adecuada” y especificando “el derecho fundamental de cada cual a estar libre del

* La información vertida, si bien se deriva de distintas fuentes bibliográficas de la FAO, no es necesariamente en toda su extensión el criterio final de la FAO respecto a los aspectos aquí discutidos

hambre". No obstante, como esta situación no parece cambiar, pues hay fuertes intereses de mercado y obviamente de ganancia, cada país debe tratar en lo posible de garantizar un mínimo de producción de alimentos que le permita enfrentar mejor la tarea de dar de comer a todos. Esta situación obliga a que los países pobres eleven su producción agrícola.

También será indispensable aumentar la diversidad alimentaria, pues la población mundial depende básicamente de nueve productos alimentarios solamente.

- **Globalización** (movilidad de capital, fuerza laboral y de bienes con una veloz privatización y concentración del capital de empresas productoras de semillas y agroquímicos).

Por solo citar un ejemplo, no es secreto que hoy en día existen muy pocas compañías de agroquímicos, solo que éstas son verdaderamente grandes y ejemplo de la concentración de capital arriba indicada .

- **Movimiento de nuevos servicios agrícolas en la sociedad** (protección a la biodiversidad y producción de fuentes de energía renovable)

En materia de recursos naturales para la agricultura y la silvicultura, se dispone de un poco más de 2 400 millones ha de tierra cultivable, y algo más de 3 600 millones ha de bosques, pero con una pérdida de más 800 millones ha de bosques húmedos, y a la vez con 578,887,660,127 ton de suelo perdido por erosión desde 1980. El mundo también enfrenta serios problemas ambientales. La atmósfera cada día está más contaminada, los cambios climáticos son cada vez más bruscos, los suelos se degradan con mayor rapidez y las fuentes de agua son escasas y contaminadas regularmente.

La Conferencia de la UNCED, que se llevó a cabo en Río en 1991, hizo un llamado para la implementación de medidas urgentes a fin de minimizar los problemas ambientales para el año 2000. Objetivos que todos sabemos que no se cumplieron. Aquella conferencia también alentó el desarrollo de la agricultura sostenible en los países desarrollados y en desarrollo (FAO 1992). Es a partir de la conferencia de la UNCED que se habla más de biodiversidad, de protección de recursos renovables, que aunque no se han obtenido los logros esperados, si existe más conciencia a este respecto dentro de los países desarrollados.

- **Uso rápido de la información** (la computación, internet y otras facilidades están disponibles en gran parte del mundo)

Es evidente el uso cada vez más creciente de la computación y el internet en el mundo, con la diferencia que no todos los países en desarrollo poseen los medios para tener el extraordinario acceso que posee la población de Norteamérica y la que va teniendo Europa occidental. La concentración de capital en este campo es también evidente. Un progreso sería eliminar la desigualdad de acceso existente.

II. LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Si uno se atiene a los más desarrollos más recientes en materia de protección del medio ambiente, nos daremos cuenta que la agricultura sostenible es una necesidad para todos los países. En este marco existen serias divergencias sobre que cosa es en realidad agricultura sostenible, criterio que varía bastante de los países ricos a los pobres. Unos consideran que la sustentabilidad no niega una agricultura de altos insumos, o sea no excluye el uso intensivo de agroquímicos, mientras que otros aseguran que la sustentabilidad dependerá en gran medida del desarrollo de sistemas agrícolas alternativos, por ejemplo, la agricultura orgánica o la agricultura de bajos insumos, aunque cabe

reconocer que la orgánica no es sinónima ni remotamente de la de baja de insumos. Cualquier extremo es malo y de nada sirve, por lo que más sensato es pensar como usar racionalmente toda esa información y experiencia que hemos venido acumulando a través de siglos de agricultura a fin de aplicar aquello que pueda ser más sensato.

No existe acuerdo alguno sobre el término “sustentabilidad” o “sostenibilidad” en materia de producción agrícola. En algunos casos se entiende que sustentabilidad no es un nuevo concepto, ya que la práctica de un buen manejo de los recursos ya existe en muchas partes del mundo. Otros entienden que sustentabilidad significa viabilidad económica a largo plazo y, por consiguiente, productividad a largo plazo también. Este último planteamiento es incompleto, pues el mismo no toma en cuenta los problemas que originan varias prácticas agrícolas en el ambiente. Otros entienden, como ya se señaló, que la agricultura sostenible es sinónima de agricultura orgánica. Si uno traduce el término de sustentabilidad al francés encontrará que éste es “durabilité”, o sea que lo que sea realmente durable es sostenible, y es por eso que en algunos países desarrollados se aborda la sustentabilidad como un proceso durable sin importar a veces que conlleve más insumos o que éstos en alguna medida puedan afectar el entorno en el que vivimos.

De acuerdo a la Declaración de Den Bosch (FAO/Países Bajos 1991), se entiende por Agricultura Sostenible y Desarrollo Rural (ASDR) *“el manejo y conservación de la base natural de recursos, y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales de manera tal que se asegure el alcance y satisfacción continua de las necesidades del ser humano para la presente y futuras generaciones. Este desarrollo sostenible (en la agricultura y la silvicultura) implica conservar la tierra, el agua, los recursos vegetales y animales, y debe ser ambientalmente no degradante, técnicamente apropiada, económicamente viable y socialmente aceptable”*.

La definición anterior uno puede verla como muy general, pero si uno profundiza verá que es bastante acertada. Es evidente la existencia de un dilema: la producción de alimentos debe aumentar, ¿Pero como?, ¿Intensificando la producción a través del uso de más insumos o aumentando el área cultivable?. La primera opción parecería ser la más factible, pero para hacerla más ambientalmente factible y económicamente viable, se requeriría reducir tres cosas, a saber: el consumo de recursos no renovables, la contaminación que éstos generan y el actual éxodo rural. Por lo tanto, debe quedar claro que el desarrollo de la agricultura sostenible implica el desarrollo de un nuevo enfoque de producción. En este caso no podemos considerar que lo se sabe todo. Tenemos una información de primera mano valiosa, pero aún se requieren nuevos conocimientos, sobre todo específicos para cada lugar o entorno.

El desarrollo e implementación de la agricultura sostenible es un reto para todos aquellos involucrados en la producción agrícola. Por un lado existe la urgente necesidad de aumentar la producción para satisfacer las demandas de la población mundial presente y futura, sobre todo en los países pobres o en desarrollo. Por otro lado, los métodos de cultivo deben ser sostenibles, o sea técnicamente efectivos, viables ambiental y económicamente. Es por eso que los países pobres o en desarrollo no tienen otra alternativa, que a la par de producir materias primas para los más ricos para mantener sus exportaciones agrícolas y pagar intereses de deudas enormes, tienen la difícil misión de aumentar su producción de alimentos a niveles muy superiores a los actuales.

Las prácticas agronómicas en general sufrirán nuevos cambios y deberán mejorarse, siempre con la óptica de preservar la fertilidad del suelo y de evitar su contaminación, así como el agua y el aire. El uso responsable de la tierra y el agua con un uso racional y ambiental de los recursos disponibles es la condición para lograr procesos realmente sostenibles.

III. EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO

Para lograr el aumento de la producción agrícola es necesario implementar prácticas económicamente factibles al agricultor, que contribuyan a elevar la producción agrícola por unidad de área sin afectar el medio ambiente. Los métodos deben estar encaminados a elevar las producciones, haciendo un uso racional de los recursos renovables disponibles.

A la hora de hablar del proceso agrícola, encontramos varios pasos que se deben seguir para poder obtener los resultados esperados, por ejemplo:

1. Uso de material de siembra (semillas o plántulas) de calidad.
2. Preparación del suelo a través de prácticas de labranza que no propicien la pérdida del suelo por erosión y que proteja o eleve su fertilidad.
3. Establecimiento óptimo del cultivo a través del trasplante o la siembra directa.
3. Fertilización adecuada.
4. Manejo de plagas, incluyendo un manejo adecuado de malezas
5. Manejo adecuado del agua de riego
6. Manejo de pos-cosecha.
7. Implementación de otras medidas que favorezcan un óptimo proceso de producción (uso de coberturas, acolchados y otros).

En estos momentos hay una tendencia a la implementación de nuevas tecnologías y al retorno moderado de viejas y útiles prácticas de rotación de cultivos, cultivos intercalados (asociaciones de cultivo) y otras. Es obvio que estas prácticas vienen mejoradas en el orden técnico, pero la realidad es que su principio es el mismo de otros tiempos. En el mundo desarrollado se discute el problema de la aplicación de plaguicidas, sobre todo de herbicidas, que son allí los más utilizados, y se buscan las vías para la reducción de su consumo y aplicación.

Las prácticas de la llamada agricultura de conservación ganan más adeptos, pues la misma se presenta como una opción restauradora de la fertilidad del suelo. Lejos de abordar las prácticas de la agricultura por separado, la agricultura de conservación integra un número de operaciones, como son:

- Mínima o Cero Labranza, que resulta muy útil para la siembra de granos en general y evita el continuo laboreo del suelo, que solo provoca grandes pérdidas por erosión eólica o hídrica. Naturalmente, estos métodos han sido posibles gracias a la existencia de herbicidas que posibilitan el control de malezas en estadios tempranos del desarrollo de los cultivos.

- Uso de coberturas, abonos verdes y de acolchado. Ante todo debemos aclarar los términos para evitar confusiones. Existen cultivos de cobertura o acolchado (mulch) vivo que son aquellos cultivados para producir cobertura en el suelo. Normalmente se suelen sembrar en períodos de barbecho, incluso de corta duración, y pueden ser o no incorporados al suelo. Las coberturas preservan mejor la humedad del suelo, contribuyen a la fertilidad del suelo durante su

descomposición y son un complemento en el control de malezas. La Universidad de California informa de unas 44 especies útiles como cobertura viva, entre ellas centeno anual, centeno perenne, centeno cerealero, cebada, cebada de pradera, fríjol campana, tréboles, trébol agrio, trébol de fresa, tréboles subterráneos, trébol dulce, trébol blanco alfalfa, alforfón, cártamo, arveja común, arveja púrpura, Vicia, guisantes, Indigo, millo, sorgo y yerba de Sudan, mostaza, avena, Phacelia, trébol rosado, Sesbania y cáñamo (SAREP, 2000). La figura 1 ilustra bien el efecto de las coberturas. También en países como Canadá se conoce el nivel de cobertura que se requiere en función de la textura del suelo y su ondulación (tabla 1). En los trópicos se han obtenido buenos resultados con el uso de la leguminosa *Mucuna pruriens* como cobertura, planta que es igualmente alelopática y contribuye a un mejor control de malezas gramíneas. En Brasil, el sorgo suele sembrarse en las entrehileras de cítricos con muy buenos resultados. En Colombia, *Arachis pintoi* ha sido identificado como cobertura efectiva en el control de malezas en viñas (Rojas & Porras, 1999).

Los abonos verdes son plantas que suelen ser incorporadas al suelo aún en estadio de crecimiento. Distintas leguminosas de ciclo corto son utilizadas para este empeño, cuya incorporación suele mejorar sustancialmente la fertilidad del suelo.

Existe también el acolchado con materiales de desechos y sintéticos, los que normalmente excluyen la luz, reduce la temperatura del suelo y preserva la humedad. Entre estos materiales se usan papeles, cartones, paja de arroz o de caña de azúcar, y los filmes plásticos de polietileno sea negro o transparentes muy utilizados en la producción de cultivos, como fresa, piña y otros.

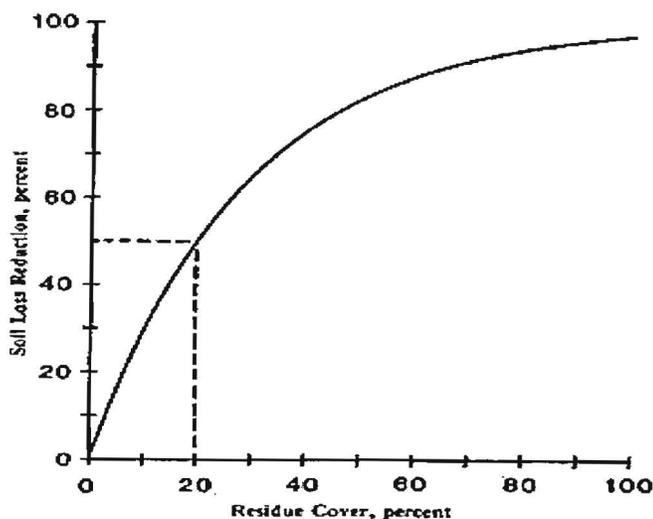


Fig. 1 Efecto de la cobertura para evitar la pérdida de suelo

Tabla 1 Cantidad de residuos de cereales requeridos para evitar la erosión (Tomado del boletín de *Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina, Saskatchewan, Canadá*)

Erosión Eólica

Textura del Suelo	kg/ha	% cobertura
media (loam)	1000	45
arcilla fina	1500	60
arena gruesa	2000	75

Erosión Hidrica

Ondulación del terreno

Ligera (6-9%)	800-1150	35-50%
Moderada (10-15%)	1150-1700	50-70%
Pronunciada (16-30%)	gramínea permanente	
Muy Pronunciada (>30%)	vegetación natural	

El rescate de la rotación de cultivos. Con el desarrollo de la llamada Revolución Verde y la entrada de novedosos plaguicidas, sobre todo de los herbicidas selectivos, se pensó que la rotación de cultivos podría ser bien reemplazada con el uso de estos insumos. La vida ha demostrado que este concepto ha sido un disparate económico y ambiental. La práctica de rotación puede resultar no económica factible en algunos casos. Este autor conoce de productores de tabaco que prefieren años tras años cultivar esta planta, pues le da mucho más ingreso que si sembraran maíz o alguna leguminosa, pero la realidad es que la productividad decrece con el monocultivo, los problemas de plagas aumentan anualmente y el suelo tiende a “cansarse”.

La rotación aporta varios beneficios, a saber una estructura mejorada del suelo, la reducción de la erosión del suelo, mejor control de plagas, enfermedades y malezas, reducción de gastos y el aumento de los rendimientos del cultivo. La llave del manejo integrado de cultivo es la rotación y es condición esencial para lograr los mejores resultados de producción.

IV. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Como el autor tiene más experiencia en materia de protección vegetal, particularmente en el manejo de malezas, quisiera referirme a este aspecto dentro del contexto de la agricultura sostenible como ejemplo de lo que se debe aspirar a alcanzar en esta área.

Durante los últimos 30 años, en los países desarrollados el manejo de plagas, incluyendo el de malezas, se ha basado principalmente en el uso de medidas químicas de control por encima de otras prácticas. La agricultura sostenible exige un enfoque diferente del hasta ahora utilizado.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una necesidad impuesta primeramente por los problemas ecológicos que enfrenta la agricultura, y en segundo lugar por las dificultades económicas que

afectan seriamente los países en desarrollo y otros dentro de las llamadas economías emergentes. El MIP es la única opción viable para el control de plagas en el contexto de la agricultura sostenible.

Desde mediados de los 60, el MIP ha sido promovido por la FAO mundialmente como la estrategia preferida de control de plagas. El MIP se define como el sistema de manejo de plagas que utiliza todas las técnicas y métodos de la forma más compatible posible y mantiene las poblaciones de las plagas a niveles bajos que no causan daños económicos a los cultivos.

Todo el que tiene que ver con MIP está de acuerdo que éste debe tener un fundamento científico y que resulte económicamente viable al agricultor. En esta estrategia la prevención adquiere gran importancia, ya que esta obliga a realizar evaluaciones periódicas de la densidad de plagas y los riesgos de entrada de nuevas plagas en los campos.

Se requieren obviamente de intervenciones de pre- cultivo, en el ciclo del cultivo y de pos - cultivo, entre éstas las más relevantes son:

- **Métodos Culturales**, los que incluyen la rotación de cultivos, variedades resistentes, uso de cultivos de cobertura, cultivos intercalados, control mecánico, uso eficiente del agua y la fertilización.
- **Control Biológico**, sea el clásico a través de la introducción de nuevos organismos exóticos evaluados previo a su introducción, o el método aumentativo basado en la cría o reproducción y posterior liberación de enemigos naturales ya existentes en un determinado territorio.
- **Control Químico**, Uso racional y juicioso de plaguicidas. .
- **Otros métodos**, el uso de la solarización del suelo, uso de feromonas, inhibidores de la quitina de insectos y otros métodos físicos, algunos de ellos aún en fase de investigación.

V. LA NECESIDAD DE ADOPCION DEL MIP Y EL USO DE PLAGUICIDAS

Ya hoy día se conoce bien que la protección de los cultivos no tiene que estar exclusivamente basada en el uso de plaguicidas químicos, tal y como fuese evocado en los inicios de la Revolución Verde. La vida ha demostrado que el uso de plaguicidas es útil y, quizás, su aplicación ha sido más intensiva al adoptarse sistemas de monocultivos que olvidaban algunas prácticas eficaces para reducir el complejo de plagas, como lo es la rotación de cultivos, lo que ha obligado a realizar un buen número de aplicaciones de productos químicos fitosanitarios en el ciclo del cultivo.

El uso de los plaguicidas en el ámbito mundial se sitúa en un 20% del total de los costos de toda la producción agrícola del mundo. Los problemas de contaminación por un lado y las fallas de control de algunas plagas, muchas con problemas de resistencia adquirida, han obligado a los países a tomar las medidas pertinentes. No se trata de excluir el control químico de los programas de MIP, sino de hacer un uso racional de este método.

VI. REQUISITOS PARA LA APLICACION EXITOSA DE UN PROGRAMA DE MIP

El éxito de la aplicación del MIP estará no solamente basado en la evaluación regular de los niveles de plagas en el ciclo del cultivo a proteger, sino también de los reguladores abióticos y bióticos existentes. La práctica de control no deberá llevarse a cabo solo sobre la base de criterios de daños o densidad del organismo a controlar. A la hora de la evaluación no basta con saber la cantidad de individuos de la plaga en sus diversos estadios, sino que se debe conocer cuantitativa o

cualitativamente el nivel de otros factores adversos al organismo, como lo son los enemigos naturales.

El desarrollo del control de las distintas plagas en un programa de MIP debe ser compatible entre sí y con el resto de las actividades relativas al manejo de cultivos. Una actividad no puede entrar en contradicción con otra. Por ejemplo, el control de insectos debe ser compatible con el manejo de malezas y viceversa. Otro ejemplo es el caso del control de malezas en arroz mediante el uso de altas densidades de semilla, lo cual si bien es positivo para darle una mayor competitividad al cultivo, puede originar problemas mayores de enfermedades.

Todos estos componentes son esenciales para poder desarrollar un Manejo Integrado de Cultivos. En esta exposición solo nos limitaremos a la importancia del Manejo Integrado de Plagas.

La experiencia demuestra que la mayoría de los agricultores no se convencen fácilmente de las nuevas técnicas de control mediante las llamadas demostraciones de campo. Este procedimiento puede resultar efectivo en algunas áreas, pero en otras es solo una pérdida de tiempo y dinero. Es por eso que la FAO propone la implementación de dos pasos esenciales en la capacitación del personal involucrado en el desarrollo del programa de MIP. Una es la capacitación de capacitadores, o sea la de los trabajadores de extensión agrícola y otros que trabajen directamente con el agricultor, y un segundo paso que sería la creación de Escuelas de Campo para Agricultores.

La Capacitación de Capacitadores (TOT) permite a los extensionistas ser informados en detalles de las nuevas alternativas de control, los métodos para evaluar las plagas, los registros que se deben realizar, los aspectos relativos a la producción agrícola y el agro- ecosistema. La capacitación se desarrolla con actividades prácticas directas en el campo. El principal entrenador o coordinador de esta capacitación debe ser una persona con suficiente experiencia en el trabajo con los agricultores.

La duración del TOT es variable y dependerá de los objetivos trazados y el problema que se necesite abordar. En ocasiones un TOT puede durar el ciclo completo de un cultivo determinado y en otros, como es el caso de control de plagas de suelo, una o dos semanas.

La escuela de campo para productores (FFS) El siguiente paso es la capacitación de los agricultores en las llamadas escuelas de campo, que no es un aula o algo similar, sino de un campo que es compartido por un grupo de agricultores, donde bajo la guía de un trabajador de extensión previamente capacitado en un TOT, desarrollan todo un conjunto de actividades para el control de plagas, además de aprender a identificar a las plagas, enemigos naturales y sus ciclos de vida dentro del ciclo del cultivo de interés. Estos métodos de capacitación pueden bien ser utilizados para otros tópicos importantes de la agricultura.

El éxito de este programa de capacitación ha sido de mucho éxito en el sudeste asiático, pues se ha reducido más de un 75% las aplicaciones de insecticidas en el cultivo del arroz, con el consiguiente beneficio económico al agricultor y, a su vez, al medio ambiente. La participación activa de los agricultores y sus familias es la vía para garantizar el desarrollo y éxito del MIP.

El carácter de participación masiva del MIP y su éxito en algunos países ha dado lugar que varios gobiernos hayan declarado al MIP como parte de la política nacional agrícola del país. En tales circunstancias, el estado ha quitado completamente el anteriormente existente sistema de subsidios a

la venta de los plaguicidas y en ciertos casos ha prohibido el uso de algunos de estos compuestos de alta toxicidad.

VII. LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS

Por el estrecho vínculo de estos cultivos con la actividad fitosanitaria, estimo conveniente tocar este asunto que es objeto de agrias polémicas en el mundo. Las preocupaciones más importantes son aquellas relativas a la posible afectación del ser humano con el consumo de las cosechas de estos cultivos y los problemas asociados a su impacto en el ambiente, sobre todo la transferencia potencial de genes de resistencia a especies silvestres afines (¿Supermalezas?), la incidencia de plantas voluntarias de cultivo que aparecen en el cultivo subsiguiente; en el caso de cultivos resistentes a herbicidas, el aumento del uso de un mismo herbicida con los riesgos de causar resistencia en algunas especies de malezas y la contaminación del germoplasma original caso de utilizarse estos cultivos en áreas de los centros de origen de los cultivos.

La tabla 2 muestra claramente que el cultivo de los transgénicos lejos de reducirse aumenta año tras año. El hecho es que una serie de transgénicos ofrecen posibilidades de incrementar la productividad del agricultor con menores costos, así como con un incremento de las cosechas. El uso de los cultivos resistentes a herbicidas (CRH) da la posibilidad de potenciar las prácticas de mínimo o cero labranza y siembra directa de granos a un menor costo y con un gasto muy inferior de fuerza laboral y combustible, aparte de poder controlar malezas de difícil control con un herbicida de amplio espectro de acción. En el caso de los cultivos que tienen inclusión de gen de *Bacillus thuringiensis*, las aplicaciones de insecticidas se reducen considerablemente, aunque es cierto que existe la preocupación, hasta ahora no demostrado, que estos cultivos pueden disminuir la presencia de enemigos naturales.

Nadie puede dar un veredicto único de usar o no usar estos cultivos, por lo que se impone la evaluación de los posibles riesgos de estos materiales a fin de prevenir posibles problemas al ambiente. A estos FAO ha propuesto una guía para la evaluación de cultivos resistentes a herbicidas y a insectos, la cual permite hacer un examen de estos cultivos para su aprobación o rechazo de uso. Las guías están destinadas a la evaluación del peligro ecológico de los CRH y cultivos resistentes a insectos (CRIs), basadas en un enfoque estrictamente científico y técnico. Se recomienda realizar estas evaluaciones de peligros caso por caso y adaptarse a las condiciones locales y al sistema de la producción agrícola. Las guías no tocan los aspectos de la seguridad de los alimentos, los efectos pleiotrópicos asociados a los transgenes, las preocupaciones éticas y las consecuencias socio- económicas del uso de estos cultivos. La guía propone las siguientes claves:

- 1: Probabilidad de capacidades competitivas de los parientes silvestres existentes en tierras no labreadas sufra alteración mediante la hibridación con cultivos transgénicos
- 2: Probabilidad de que aparición de un nuevo biotipo de maleza a través del flujo de genes entre el cultivo transgénico y sus parientes
- 3: Probabilidad de que el cultivo transgénico se convierta en un problema de plantas voluntarias en áreas cultivables o naturales
- 4: Probabilidad de desarrollo de malezas resistentes a herbicidas
- 5: Probabilidad de desarrollo de insectos resistentes

Con la información requerida y el dossier del suministrador del nuevo cultivo transgénico, se propone estudiar y prever los posibles efectos negativos al ambiente, y sobre esta base aprobar o rechazar el uso del cultivo en cuestión.

Áreas y cultivos transgénicos en el mundo (tomado y modificado de James, 2001)

País	Área en el 2000 (millones de ha)	Cultivos
EE.UU.	37	soja, maíz, algodón y canola
Argentina	12	soja, maíz, algodón
Canadá	3.2	soja, maíz, canola
China	1.2	algodón
Sudáfrica	0.5	maíz, algodón
Australia	0.4	algodón
México	recien comienza	algodón
Bulgaria	recien comienza	maíz
Rumania	recien comienza	soja, papa o patata
España	recien comienza	maíz
Alemania	recien comienza	maíz
Francia	recien comienza	maíz
Uruguay	recien comienza	soja

BIBLIOGRAFÍA

FAO/Netherlands. 1991. The den Bosch declaration and agenda for action on sustainable agriculture and rural development- Report of the Conference. FAO/Netherlands Conference on Agriculture & Environment, 15-19 April, 60 p.

FAO. 1992. Sustainable development and the environment. FAO policies and actions Stockholm 1972-Rio 1992. Rome 89 p.

FAO. 1994. Report of the FAO-UNEP International Panel on IPM. Rome, 85 p.

FAO. 2001. Rural Poverty: Population Dynamics, Local Institutions and Access to Resources by Eve Crowley. FAO/ILO/UNFPA Thematic Workshop on Population, Poverty and the Environment (Rome, October 1998 In Url: <http://www.fao.org/sd/ROdirect/ROan0016.htm>)

FAO. 2001. Proyecto de guías para la evaluación del impacto ambiental del uso de cultivos resistentes a herbicidas e insectos. División de Producción y Protección Vegetal, Roma, 21 p.

James C. 2001. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2000. ISAAA Briefs No. 23, in url: www.isaaa.org/publications/briefs/Brief_23.htm

Labrada R. & L. Fornasari. 2001. Manual for training of extension workers and farmers- Alternatives to methyl bromide for soil fumigation. FAO-UNEP, Rome, 76 pp.

Riddell, J. et.al. 1997. Contemporary Thinking on Land Reform, position paper prepared by the Land Tenure Service (SDAA), Rural Development Division, FAO. Rome: FAO.

Rojas P.B. & J.F.C. Porras. 1999. *Arachis pintoii* como alternativa sostenible en el manejo integrado de malezas en vid. **Agronomía Colombiana**, **16**: 1-3, 51-59.

SAREP. 2001. UC SAREP Cover Crop Resource Page. Sustainable Agriculture- SAREP, Universidad de California En Url: <http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/>

CONTRIBUCIÓN DE LA OFICINA DEL REGANTE A LA SOSTENIBILIDAD DEL REGADÍO EN ARAGÓN

Faci, José M.¹, Playán, Enrique², Tejero, Miguel³, Salvador, Raquel³

¹ Unidad de Suelos y Riegos, Servicio de Investigación Agroalimentaria (DGA).

² Dpto. de Genética y Producción Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei (CSIC).

³ Oficina del Regante, Servicio de Investigación Agroalimentaria (DGA).

Laboratorio de Agronomía y Medio Ambiente (DGA-CSIC) Ap. 727, 50080 Zaragoza

RESUMEN

En la actualidad, existe una gran inquietud entre los agricultores de regadío que ven el fuerte deterioro de sus infraestructuras de riego y la necesidad de modernizar sus sistemas de riego. Por otro lado las Administraciones Públicas (el Gobierno Central y las distintas Comunidades Autónomas) han iniciado unas líneas de ayuda a la modernización de los regadíos. Ante esta situación se está apreciando una gran demanda de información tecnológica por parte de los agricultores, que requieren modernos sistemas de riego automatizados y nuevas herramientas que faciliten su trabajo. El Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón, con cofinanciación de fondos FEOGA, ha puesto en marcha la Oficina del Regante adscrita a la Unidad de Suelos y Riegos del Servicio de Investigación Agroalimentaria del Gobierno de Aragón. El objetivo general de esta Oficina es ayudar a los regantes de Aragón a mejorar el uso del agua, con especial énfasis en su modernización. Desde su creación, en septiembre del año 2001, la Oficina del Regante ha venido desarrollando actividades que suponen una relevante contribución a la sostenibilidad de la agricultura de regadío en Aragón.

SUMMARY

At present, Aragón is undergoing an important change in irrigation technology and water management. This generates a great demand of technological information by the farmers. The Department of Agriculture of the Government of Aragón and the FEOGA of the European Union, have started up the "Irrigation Office", a project assigned to the Soils and Irrigation Department of the Agricultural Research Service of the Government of Aragón. The general aim of the Irrigation Office is to help farmers improve their water use, with emphasis on irrigation modernization. Since it was created in September 2001, the "Irrigation Office" has performed a number of activities of great interest for irrigated agriculture in this region. These activities are a relevant contribution to the sustainability of irrigated agriculture in Aragón.

1. INTRODUCCIÓN

El riego en Aragón tiene una larga tradición derivada de los esfuerzos que llevaron a cabo las distintas civilizaciones que han habitado este territorio. Esto ha facilitado el que actualmente convivan desde sistemas de riego de superficie del tiempo de los romanos o de los árabes hasta modernos sistemas de riego a presión con la tecnología más avanzada del mundo. A grandes rasgos nuestros regadíos pueden dividirse en tres grandes categorías.

La primera está formada por los riegos de las riberas de los ríos, en las que las acequias de derivación construidas hace siglos han dado lugar a una agricultura que secularmente ha alimentado a las comunidades urbanas y que hoy muestra muchos problemas estructurales.

La segunda categoría la integran los proyectos de riego que se han desarrollado en la época moderna, y que irían desde finales del siglo XVIII hasta principios de los años setenta. En este grupo se incluyen desde los regadíos que facilitó la construcción del Canal Imperial hasta los grandes planes de riegos del Alto Aragón, Bardenas y del Canal de Aragón y Cataluña. Esta época produjo un fondo de más de 250.000 hectáreas transformadas casi en su totalidad a sistemas de riego por superficie y que tienen en la actualidad un déficit tecnológico variado pero en general importante. En las dos últimas décadas los esfuerzos por modernizar los regadíos de estas zonas han sido intensos.

La tercera categoría de los regadíos aragoneses incluiría la superficie transformada desde 1970. En general, estos regadíos tienen una tecnología moderna (sistemas de riego a presión) y un tamaño de explotación competitivo para la agricultura contemporánea. La Tabla 1 presenta las superficies de regadío existentes en Aragón que riegan con agua procedente de los canales más importantes.

Tabla 1. Superficie regada en las distintas zonas regables de Aragón. Según DGA (1990)

Zonas de regadío	Sup. Regada (miles de ha)
Canal de Aragón y Cataluña	62
Canal del Cinca	45
Canal de Monegros	54
Canal de Bardenas	40
Canal de Tauste	6
Canal Imperial	17
Canal de Lodosa	4
Pequeños regadíos	185
Total Aragón	413

El sistema de riego predominante en Aragón es el riego por superficie, pero en la actualidad prácticamente todas las transformaciones en regadío se efectúan con sistemas de riego a presión. Asimismo los agricultores de regadío se han ido especializando en la producción de distintos cultivos y demandan unos sistemas de riego más perfeccionados y más adaptados a sus sistemas de producción. Así, por ejemplo los modernos fruticultores y hortelanos de las distintas áreas de Aragón emplean en su mayoría sistemas de riego localizado. Esto les permite frecuentes aplicaciones de agua y fertilizantes, consiguiendo fruta y hortalizas de alta calidad. Otro ejemplo de interés es el caso de las nuevas transformaciones en regadío de Monegros II. Los agricultores de estos nuevos regadíos cuentan con modernos sistemas de riego a presión totalmente automatizados, con los que obtienen elevadas producciones al tiempo que hacen un uso muy eficiente del agua de riego. Los regantes ajustan los volúmenes de riego a las necesidades hídricas de los cultivos e incorporan los fertilizantes con el riego en forma fraccionada. De esta forma la labor del riego se facilita de forma considerable. Esta situación presenta un fuerte contraste con la labor del riego que se lleva a cabo en los regadíos tradicionales que es muy laboriosa y poco atractiva desde el punto de vista social.

En este contexto de actualización y mejora de nuestros regadíos es cuando se hace patente una necesidad de información por parte de los regantes aragoneses, que deben hacer frente a este cambio tan importante. Para dar respuesta a esta demanda, el Departamento de Agricultura de la Diputación General de Aragón, con cofinanciación de fondos FEOGA, puso en marcha en el año 2001 la Oficina del Regante, adscrita a la Unidad de Suelos y Riegos del Servicio de Investigación Agroalimentaria de la Diputación General de Aragón en Montañana, Zaragoza.

Desde la creación de la Unidad de Suelos y Riegos en 1980 se ha trabajado en distintos aspectos de los regadíos aragoneses, y se ha adquirido una amplia experiencia sobre la agronomía de nuestras zonas regables. En 1992, la Unidad de Suelos y Riegos formó, junto con el Departamento de Genética y Producción Vegetal de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), el Laboratorio de Agronomía y Medio Ambiente. Con esta unión los trabajos en el regadío aragonés se incrementaron de forma sustancial. Las experiencias derivadas de estos trabajos se han venido transfiriendo a los agricultores de forma convencional mediante publicaciones, comunicaciones a congresos, cursos, hojas y jornadas técnicas, etc. (Faci *et al.*, 2001).

Actualmente, nos encontramos con que por un lado los investigadores han desarrollado mucha información técnica y por otro lado los regantes demandan información para mejorar el manejo del riego y modernizar sus regadíos. Para conseguir que la información disponible llegue a los regantes y a su vez sus inquietudes y demandas de información lleguen a los Centros de Investigación y Desarrollo, es necesario establecer una comunicación fluida entre ambos. Al mismo tiempo las Administraciones Públicas (el Gobierno Central y las distintas Comunidades Autónomas) han abierto líneas de ayuda a la modernización de los regadíos tradicionales. Debemos conseguir que las inversiones que se realicen en la modernización sean rentables y útiles para los regantes. En este contexto de necesidad de asesorar y cooperar con los regantes para mejorar el riego, nace la Oficina del Regante.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de la Oficina del Regante es ayudar a los regantes de Aragón a mejorar el uso del agua en nuestros regadíos, con especial énfasis en su modernización. Dado que los agricultores de regadío de las distintas zonas regables se organizan en comunidades de regantes, la actividad de la Oficina del Regante se dirige principalmente a las propias comunidades de regantes, aunque también atiende a las demandas de regantes en particular. Para contribuir a la mejora del manejo del agua de riego y facilitar la labor del riego se han fijado los objetivos siguientes:

1. Asesorar a los regantes sobre el manejo del riego.
2. Responder a las demandas tecnológicas de los regantes ante la modernización de los regadíos.
3. Facilitar a los regantes los datos de necesidades de agua de los principales cultivos en las comarcas de Aragón para que puedan hacer una programación óptima del riego.
4. Mejorar el medio ambiente de los regadíos aragoneses y asegurar su adaptación a la normativa vigente.
5. Apoyar la mejora en la gestión técnico económica de las Comunidades de Regantes, y
6. Realizar actividades de formación continua mediante cursos, visitas y jornadas técnicas.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS

Para llevar a cabo los objetivos planteados, la Oficina del Regante cuenta en la actualidad con cuatro técnicos agrícolas cuyas funciones son supervisadas por varios investigadores del Laboratorio Asociado de Agronomía y Medio Ambiente. Actualmente la Oficina del Regante se encuentra en su primer año de funcionamiento y hasta ahora su actividad se ha centrado en el desarrollo de diversos elementos básicos que servirán para conseguir los objetivos propuestos. Entre estas actividades se encuentran las que a continuación se destacan.

Creación de la página Web de la Oficina del Regante.

La página Web de la Oficina del Regante se considera un pilar básico de su funcionamiento. Esta página está sirviendo para transmitir, de una forma dinámica, información útil e interesante para los regantes aragoneses. Esta información comprende aspectos técnicos sobre sistemas de riego, necesidades de agua de los cultivos, recomendaciones de riego y otros temas de gran relevancia para el regadío aragonés. La página Web de la Oficina del Regante se puede visitar provisionalmente en www.eead.csic.es/oficinaregante. Esta página se actualiza continuamente con los trabajos y actividades de la Oficina. Se incluyen los apartados siguientes:

- Oficina del Regante. Funciones y objetivos de la Oficina. También se incluyen publicaciones de interés sobre riegos elaboradas por técnicos e investigadores del Laboratorio Asociado de Agronomía y Medio Ambiente y otros organismos públicos. Muchos de estos artículos de divulgación han sido publicados en la revista Surcos de Aragón.
- El riego: principios básicos y descripción de los sistemas. Se han publicado documentos descriptivos de los riegos de Aragón, riego por superficie, riego por aspersión y riego localizado. Se describen sus características básicas, sus ventajas y limitaciones. Actualmente se están preparando otros temas como el fertirriego y la modernización de los regadíos tradicionales.
- Recomendaciones medias de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. En este apartado aparece un cuadro de lista desplegable donde el usuario elige la comarca, el cultivo y la eficiencia media de su sistema de riego. Al hacer esta selección aparece una tabla con las recomendaciones mensuales de riego elaboradas según Martínez-Cob *et al.* (1989). Este apartado es muy importante para hacer un riego eficiente ya que permite a los usuarios el conocer las necesidades mensuales de agua del cultivo a regar en las distintas áreas de la geografía aragonesa para un año medio. El regante puede establecer los riegos de acuerdo a esta directriz general de riegos del año medio y hacer los ajustes debidos a las precipitaciones que se producen en el año específico en el que efectúa el calendario de riegos.
- **Ador**: un programa para la gestión de comunidades de regantes. La Oficina del Regante pone este programa a disposición de las comunidades de regantes aragonesas que lo soliciten y ofrece un apoyo técnico para su utilización. En este apartado de la Página Web el usuario puede ver lo que hace el programa e incluso puede descargar el manual de usuario.
- Mapas temáticos de los riegos de Aragón. Actualmente se pueden consultar mapas generales de elevación, comarcas, cultivos por municipios, zonas regadas, tipos de suelo y mapas de variables meteorológicas como precipitación, temperatura,

evapotranspiración, índice de aridez, fechas y frecuencia de heladas y estadísticas de viento.

- Hoja informativa de riegos. En esta Hoja se publican semanalmente las necesidades de riego de los principales cultivos y comarcas de Aragón durante la campaña de riegos. Se publican los datos de los consumos de agua de la semana anterior de los cultivos de maíz, alfalfa, melocotonero (frutal), tomate (hortaliza) del año en curso en el que se efectúa el calendario de riegos. El regante que desee utilizar esta Hoja solamente tiene que leer el dato semanal de su cultivo y comarca y restar la lluvia efectiva que se haya producido en su finca y el resultado es la cantidad de riego que debe suministrar al cultivo para reponer el consumo de agua que se ha producido la semana anterior. En la Hoja de Riegos se proporciona también los datos de la lluvia semanal para el caso de que el usuario no disponga de este dato en su propia finca. Las necesidades de riego en la Hoja se obtienen a partir de: 1) Estimaciones de ETo con la metodología de Hargreaves (Hargreaves, 1994; Allen *et al.* 1998), 2) Datos de fenología y coeficientes de cultivo propuestos por Martínez *et al.* (1998) y 3) Datos diarios de precipitación y temperatura observados por el Centro Meteorológico Territorial de Aragón, La Rioja y Navarra en 10 estaciones de la red de Aragón.
- Enlaces de interés con otras publicaciones Web dedicadas a riegos y asesoramiento a los regantes. Estos enlaces incluyen otros servicios de asesoramiento al regante que se han puesto en marcha en otras comunidades autónomas. También se incluyen enlaces que pueden resultar interesantes a los regantes como el conocimiento del estado de llenado de los embalses, predicción meteorológica, etc.

Puesta en marcha de una red de estaciones agrometeorológicas automáticas

Se está poniendo en marcha una red de estaciones meteorológicas automatizadas para suministrar los datos meteorológicos a tiempo real, de forma que los cálculos de las necesidades de riego de los cultivos puedan ser suministrados a los regantes de una forma inmediata. Esta red de estaciones irá creciendo con el tiempo para ir cubriendo las necesidades de información de las distintas zonas regables de Aragón. Actualmente se está centralizando la información de las estaciones de Zaragoza (SIA), Tamarite de Litera y Ejea de los Caballeros y se están desarrollando las aplicaciones para el proceso de los datos y cálculo de la evapotranspiración de referencia y necesidades hídricas de los cultivos. El objetivo de esta red es que los regantes de Aragón puedan acceder a la información meteorológica y usarla para la toma de decisiones sobre el riego en particular y sobre sus cultivos en general.

Realización de estudios

Una de las actividades clave para lograr los objetivos propuestos para Oficina del Regante es conocer la realidad de los riegos de Aragón. El conocimiento del manejo del riego en una determinada zona regable se adquiere a través del estudio y evaluación del riego en la zona. Una vez determinada la problemática particular de cada zona es cuando se pueden ofrecer las posibles soluciones. Los trabajos que se van a abordar en la próxima campaña de riegos son los siguientes:

- Evaluaciones de los distintos sistemas de riego para determinar la eficiencia de riego en parcela. Por medio de las evaluaciones de riego de parcelas representativas de cada zona regable se podrá establecer un diagnóstico del manejo actual del riego. Mediante el análisis de los resultados de las evaluaciones, los técnicos podrán conocer que cambios se deben llevar a cabo en el manejo del riego para mejorar su eficiencia.

- Análisis de zonas regables para conocer el manejo del riego en una comunidad de regantes. El estudio global del manejo del riego en una determinada zona regable es fundamental para localizar e identificar los problemas de riego. En las áreas donde se encuentran los mayores problemas es donde será más efectiva la intervención de los técnicos para solucionar la problemática existente.
- Estudio de infraestructuras de riego. En muchas ocasiones las infraestructuras de los regadíos tradicionales no son adecuadas para hacer un riego eficiente y es necesario su estudio para conocer las adaptaciones necesarias para facilitar la labor del riego a los regantes. En muchas ocasiones las redes de acequias no son suficientes para conducir los caudales necesarios para un riego eficiente. Este es uno de los problemas más graves que tenemos en muchos de los regadíos tradicionales de Aragón.
- Estudio de la capacidad de los elementos de regulación. La regulación de los volúmenes de riego en la propia zona regable es una necesidad que facilita y flexibiliza las tareas del riego tanto en los regadíos tradicionales como en las transformaciones recientes de riegos a presión. En regadíos tradicionales los regantes están obligados a regar durante el día y la noche debido a que el canal suministra el caudal de riego durante las 24 horas del día. Simplemente con la construcción de embalses capaces de almacenar el caudal suministrado por el canal durante la noche, los regantes podrían regar solamente durante el período diurno con el doble de caudal. Esto requeriría a su vez el aumento de capacidad de la red de riego.
- Previsión de las mejoras que puede reportar la modernización. Una actividad muy importante de la Oficina del Regante es el asesoramiento a los regantes sobre la forma en que se puede realizar una modernización del riego y las mejoras que se derivarían. Los regantes con ayuda de los técnicos de su zona y con el asesoramiento de la Oficina del Regante deben proponer el tipo de mejora que consideran más adecuado para solucionar los problemas del manejo del riego en su zona. La solución elegida dependerá de muchos factores y podría incluir distintas soluciones, desde una mejora de la capacidad o una mejora de la red de distribución hasta un cambio integral a sistemas de riego a presión.
- Apoyo a la mejora de la gestión del agua en las comunidades de regantes. En Aragón hay cerca de mil comunidades de regantes de tamaños muy variados desde unas decenas de hectáreas a miles de hectáreas. La gestión del riego que realizan las comunidades también es muy diversa. Para una mejor gestión del agua es necesaria la utilización de programas informáticos de gestión que permitan realizar una gestión fácil en el reparto y facturación del riego. En este sentido el programa informático Ador de gestión del agua de riego en las comunidades de regantes supone una importante contribución a la mejora de la gestión del agua. El programa Ador se describe en el apartado siguiente.

Implantación del programa Ador en Comunidades de Regantes de Aragón

Una correcta gestión del riego en las comunidades puede mejorar mucho el aprovechamiento del agua. Es por ello que muchas de las actividades de la Oficina están destinadas a conocer con detalle el manejo del agua en nuestras comunidades de regantes y a proponer técnicas avanzadas de gestión del riego. Con estas nuevas técnicas se podrá ser más eficiente en el aprovechamiento del agua y a la vez conseguiremos que el regadío sea una actividad sostenible y con futuro.

Dentro de este objetivo, se ha desarrollado por parte de investigadores y técnicos del Laboratorio Asociado de Agronomía y Medio Ambiente un proyecto de investigación cuyo

resultado ha sido la creación de un programa informático de gestión denominado **Ador**. Este programa ayuda a la gestión del agua en las comunidades de regantes y facilita la toma de decisiones en la modernización de regadíos y en la planificación de las campañas de riego. El programa puede ser usado en comunidades que tengan cualquier tipo de sistema de riego (superficie, aspersión o goteo) y cualquier tipo de red de distribución (canales o tuberías). Actualmente está en proceso de implantación en 31 Comunidades de Regantes de Aragón.

Actividades de formación: cursos, visitas y jornadas técnicas

Otro objetivo de la Oficina del Regante es la difusión de los conocimientos y experiencias existentes en tecnología y mejora del regadío. La formación continua de los regantes en las nuevas tecnologías de riego es una necesidad que la Oficina ya ha comenzado a responder. Se han realizado en colaboración con el Servicio de Formación y Extensión Agraria varias jornadas técnicas en las que hemos reunido a un importante número de regantes para demostrar novedades en cuanto a modernización de regadíos sistemas de riego por aspersión, medida de las necesidades de agua de los cultivos, manejo del nitrógeno en regadío y el riego del olivo por goteo y del arroz por aspersión.

Asesoramiento en zonas en proceso de modernización

En los regadíos de Aragón hay una necesidad de mejorar los sistemas de producción agrarios para que alcancen un nivel sostenible y competitivo dentro del entorno económico en el que nos situamos. Además es necesario conseguir unos regadíos modernos y tecnificados que perduren en el siglo XXI de forma que los agricultores disfruten de una buena calidad de vida, similar a la del resto de los trabajadores de la sociedad actual. Los problemas más habituales que condicionan esta sostenibilidad de los regadíos tradicionales se pueden resumir en los siguientes puntos: 1) Deterioro de las instalaciones e infraestructuras de los sistemas de distribución, 2) Insuficiente capacidad de la red de distribución, 3) Falta de regulación interna que dificulta la buena gestión del riego, 4) Turnos de riego de 24 horas que obligan a los regantes a regar por la noche, 5) Mala nivelación de las tierras, 6) Alta división de la propiedad (parcelas pequeñas y dispersas), 7) Altas necesidades de mano de obra para el riego, 8) Avanzada edad de los regantes, 9) Escasa rentabilidad, 10) Problemas medioambientales y 11) Abandono de tierras de regadío.

Además en nuestras zonas de regadío se presentan problemas en los años de baja pluviometría por falta de agua de riego. Para asegurar el buen funcionamiento de los regadíos de esta zona no sólo es necesario contar con unas buenas infraestructuras de regulación y distribución sino que además es necesario realizar un buen manejo y gestión del riego. Por ello es necesario suministrar a los regantes una información técnica adecuada que les permita tomar las decisiones apropiadas al plantear una modernización de sus zonas de riego y para hacer una buena gestión del manejo del riego. Los regantes en general son conscientes de este hecho y una muestra importante es la gran demanda de información que la Oficina del Regante recibe por parte de las Comunidades de Regantes aragonesas. En general, los regadíos ya modernizados y con sistemas de riego a presión demandan información acerca de las necesidades de agua de riego de los cultivos, de las técnicas de fertirriego o de las técnicas de mantenimiento del sistema de riego. En los regadíos tradicionales por superficie sin embargo se demanda información para mejorar la gestión del agua de riego y para conocer los criterios básicos para efectuar una modernización. En todos estos aspectos la Oficina del Regante da apoyo técnico a las Comunidades de Regantes que lo solicitan mediante charlas, estudios técnicos o asesoramiento directo a los agricultores.

4. RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES

- En general, en los regadíos de Aragón hay una necesidad importante de mejorar los sistemas de producción agrarios para que alcancen un nivel sostenible y competitivo en el futuro.
- Este proceso de mejora y de modernización de nuestros regadíos hace surgir una necesidad de información tecnológica por parte de los agricultores de regadíos aragoneses.
- La Oficina del Regante pretender solventar este vacío de información proporcionando a los regantes la ayuda necesaria para conseguir mejorar el uso y gestión del agua en nuestros regadíos.
- Para conseguir una buena rentabilidad de las inversiones necesarias para la modernización de los regadíos tradicionales es necesario estudiar la problemática de las zonas regables y asesorar a las comunidades de regantes para que efectúen una modernización adecuada a sus necesidades que asegure un regadío moderno con unos regantes tecnificados con una buena calidad de vida que aseguren la viabilidad futura de nuestros regadíos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. FAO, Roma, Italia. 300 pp.
- DGA (1990) *Riegos en Aragón por comarcas y municipios*. Departamento de Agricultura, ganadería y Montes. Diputación General de Aragón.
- Faci, J.M., Playán, E. (2001) *La oficina del Regante, una herramienta para asesorar el regadío aragonés*. Revista Surcos de Aragón. Nº 76. Departamento de agricultura del Gobierno de Aragón. Pp. 38-40.
- Hargreaves G.H. 1994. *Defining and using reference evapotranspiration*. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120 (6): 1132-1139.
- Martínez-Cob, A., Faci, J. y Bercero, A. (1998) *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Institución Fernando el Católico. Excma., Diputación de Zaragoza.

INFLUENCIA DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN Y DESHERBADO EN EL RENDIMIENTO DE CEBADA EN SECANOS SEMIÁRIDOS

G. PARDO, F. VILLA, J. AIBAR¹, J. A. LEZAÚN², C. LACASTA³, R. MECO⁴,
P. CIRIA⁵, C. ZARAGOZA

Departamento de Agricultura - DGA. Apdo727, 50080 Zaragoza. (gpardo@aragob.es)

¹Escuela Politécnica Superior de Huesca. Ctra. de Zaragoza, s.n.. 22071 Huesca.

²ITGA. El Sario. Cra. El Sadar. 31006 Pamplona. ³CSIC. Finca La Higuera. 45530

Santa Olalla (Toledo). ⁴SIA Conserjería Agricultura. 45075 Toledo. ⁵EUIA. Soria.

Univ.de Valladolid. Campus Universitario 42004 Soria.

RESUMEN

Se presentan los resultados de 5 ensayos de cereales en Huesca, Navarra, Toledo, Soria y Zaragoza, de la campaña 2000-2001, iniciados hace 5 años. En ellos se compara la influencia de tres tipos de fertilización (testigo sin fertilizar, orgánica y química) y de tres tipos de desherbado (testigo sin escarda, un pase de grada de varillas flexibles y una aplicación convencional de herbicidas) sobre el control de malas hierbas y la producción del cereal. La combinación los tipos de fertilización y de escarda da 9 opciones de posible manejo. Para tres de ellas: agricultura de mínimos (sin fertilizar y sin escardar), ecológica (fertilización orgánica y escarda mecánica) y agricultura convencional (fertilización química y escarda química) se efectuó un estudio económico comparativo de gastos e ingresos utilizando los datos de las producciones obtenidas en el ensayo de Zaragoza. Las parcelas fertilizadas químicamente obtuvieron una mejor producción como media, aunque no en todas las localidades. El herbicida ejerció, como norma general, un mejor control que la grada de varillas flexibles, pero ello no implicó una mejor cosecha al final de la campaña. Ninguna técnica de escarda logró obtener una producción significativamente superior al testigo sin escardar. El sistema de mínimos insumos generó mayores beneficios económicos, en agricultura ecológica la clave es vender el producto a mayor precio. de lo contrario pasa a ser la opción menos rentable.

INTRODUCCIÓN

Dos de las labores más habituales que se efectúan tradicionalmente en el cultivo de cereales en secanos semiáridos, como son la fertilización y la escarda química, están actualmente en entredicho. No solamente por el perjuicio medioambiental que pueden causar, sino por simples criterios de rentabilidad económica, ya que su uso no siempre conlleva un aumento de la producción que compense los gastos derivados de su aplicación, pues aquella se encuentra limitada por las frecuentes condiciones de sequía. Así, por ejemplo, se estima que en la provincia de Ciudad Real, en secano y en cereal, sólo se aplican herbicidas en un 13% de la superficie sembrada (Rodríguez Pérez y Díaz-Salazar, 2002), o que en Aragón sólo se aplican 30 U.F. de N/ha en cultivo de trigo duro, en secano y como media, (MAPA, 2000). En este sentido conviene el estudio de técnicas alternativas tanto de fertilización como de escarda que se adapten mejor a estas condiciones ambientales y/o sean más respetuosas con el medio ambiente

En este trabajo se analiza la influencia de distintos tipos de fertilización y de escarda en una rotación de cultivos en secano, en diferentes localidades españolas de clima semiárido. Se muestran las producciones obtenidas en 5 localidades, durante 2001, con tres tipos de fertilización y tres tipos de control de malas hierbas. Asimismo, con los datos obtenidos del ensayo de Zaragoza desde el inicio del ensayo se ha realizado un estudio económico comparativo de ingresos y costes para tres de las nueve posibilidades resultantes de combinar los tres niveles de cada factor estudiado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de este trabajo corresponden al 5º año de una rotación: cebada (96-97) veza (97-98) trigo duro (98-99) barbecho (99-2000) cebada (2000-2001), llevada a cabo con el mismo modelo de ensayo en 5 localidades de clima semiárido de Huesca, Navarra, Toledo, Soria y Zaragoza.

Estos ensayos están divididos en parcelas elementales de 90 m² según un diseño "split-plot", con dos factores: fertilización y escarda y tres niveles en cada factor:

-Factor principal (fertilización): **1:** testigo sin fertilizar, **2:** fertilización orgánica: 2500 kg/ha compost (humedad: 33,3%, M.O:57,4%, C:27,8% N:2,9%, P₂O₅:1,4%, K₂O:5,1% y Na:0,89%). El origen del compost y su elaboración fue el mismo para todos los ensayos, **3:** fertilización química (70-60-60 U.F./ha de N, P, K), el N fraccionado en fondo y cobertera.

-Factor secundario (escarda): **1:** testigo sin escarda, **2:** escarda mecánica, con un único pase de grada de varillas flexibles, marca Hatzenbichler, en el sentido de las líneas de siembra durante el ahijamiento del trigo, **3:** escarda química, mediante un herbicida elegido por los técnicos responsables del ensayo según el momento y la flora arvense presente, buscando selectividad y eficacia, a una dosis autorizada y en el momento adecuado.

Las operaciones más relevantes llevadas a cabo en cada ensayo, así como la precipitación recogida desde la sementera hasta junio se recogen en la tabla nº 1:

Tabla 1: *Principales labores llevadas a cabo en los ensayos en 2001.*

	Huesca	Navarra	Toledo	Soria	Zaragoza
Fecha siembra	14/2/01	10/11/00	20/3/01	23/2/01	5/2/01
Variiedad	"Grafic"	"Scarlett"	"Grafic"	"Grafic"	"Grafic"
Dosis (kg/ha)	150	120	170	190	150
Fecha apl. compost	14/2/01	9/11/00	20/3/01	22/2/01	5/2/01
Fecha fert. química fondo y dosis	14/2/01 32-60-60	9/11/00 0-60-60	20/3/01 45-45-45	22/2/01 27-50-50	5/2/01 32-60-60
Fecha fert. química cobertera y dosis	10/4/01 38-0-0	8/2/01 60-0-0	26/4/01 54-0-0	10/4/01 53-0-0	3/4/01 38-0-0
Fecha pase de grada	5/4/01	21/12/00	3/5/01	10/4/01	22/3/01
Fecha apl. herbicida	15/5/01	15/2/01	3/5/01	5/5/01	22/3/01
Herbicida y dosis	imazametabenz (1,5 l/ha)	diclofop-metil 36%(1,5 l/ha) + tribenuron 75% (15 g/ha)	bromoxinil 7,5% + ioxinil 7,5% MCPP 37,5% (2,5l/ha)	2,4,D + MCPA (1l/ha)	diclofop metil 36% (2,5l/ha) + diflufenican 2,5%+ MCPA 25% (2l/ha)
Precipitación (mm)	181	248	128	130	80

Se realizaron conteos de malas hierbas tras las operaciones de escarda, a los 20 días de haber efectuado el tratamiento. Se cosechó con microcosechadora y los datos de producción obtenidos se transformaron al 14% de humedad. El análisis de la varianza se realizó a nivel de cada ensayo según el diseño indicado, mediante el programa estadístico Systat 7.0.

Para la estimación económica de costes (labores efectuadas y materias primas) e ingresos (venta del cereal y subvenciones) se utilizaron los datos del ensayo de Zaragoza durante los 5 años que se ha llevado a cabo la mencionada rotación y para las parcelas en que sembró cereal (97, 98 y 2001 cebada, 99 y 2000 trigo duro). Para este estudio económico se eligieron tres de las nueve combinaciones posibles de los dos factores de estudio:

- testigo sin fertilizar x testigo sin escarda, que denominamos “agricultura de mínimos”
- fertilización orgánica x escarda mecánica, que denominamos “agricultura ecológica”
- fertilización química x escarda química, que denominamos “agricultura convencional”

Se contabilizaron las labores realizadas en cada tipo de agricultura y se agruparon de la siguiente manera:

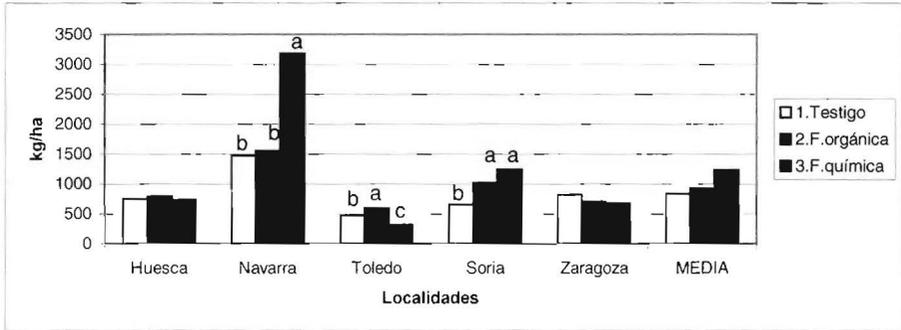
- Labores comunes a todos los tipos de agricultura: 1ª Alzado del terreno. 2ª Pase cruzado con cultivador. 3ª Preparación del lecho de siembra. 4ª Siembra. 5ª Cosecha. Son las únicas efectuadas en la llamada “agricultura de mínimos”.
- Labores específicas de “agricultura ecológica”: fertilización orgánica y escarda mecánica.
- Labores específicas de “agricultura “convencional””: abonado de fondo, abonado de cobertera y aplicación de herbicida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.-Fertilización

La figura nº 1 muestra los resultados, en cuanto a producción, de los ensayos para cada tipo de fertilización. Hay que resaltar la deficiente cosecha obtenida en todos los ensayos, exceptuando el de Navarra que fue el único que se sembró en la época adecuada y el que mayor pluviometría recibió, en el resto, las condiciones meteorológicas adversas (con mucha lluvia en el invierno y sequía primaveral) impidieron obtener una buena cosecha. En Navarra se achaca el buen resultado de la fertilización química al abonado nitrogenado de cobertera, aplicado en su totalidad a la salida del invierno que supuso un mejor aprovechamiento de este nutriente al no ser lavado del perfil, pues la cuantía de las lluvias disminuyó tras su aplicación. Este buen dato de la fertilización química en Navarra, junto con Soria, hizo que la media en el conjunto de los ensayos fuera también favorable a este tipo de fertilización pero sin diferencias significativas. Por el contrario en el resto de ensayos este tipo de fertilización resultó la peor opción. No es extraño, en estas condiciones, respuestas negativas de la producción a la fertilización nitrogenada, (Van Herwaarden *et al.*, 1998), (Betrán y Pérez Berges, 1997). En Huesca y Toledo se obtuvo una mejor cosecha con la fertilización orgánica y en Zaragoza en las parcelas sin fertilizar se consiguió mayor producción.

Figura 1: Producciones de los ensayos, en 2001, según la fertilización aplicada.



Columnas con letras distintas en cada localidad difieren significativamente en el test LSD ($p < 0,05$)

2.-Escarda

Control de las hierbas

La tabla nº 2, muestra la densidad de flora arvense (pl/m^2), cuando se consideró que las labores de escarda habían producido ya todo su efecto en lo que respecta a control de malas hierbas.

Tabla 2: Densidad de flora arvense en cada localidad tras las labores de escarda.

	Huesca	Navarra	Soria	Zaragoza	Media	%control
1. Testigo	544(a)	69 (a)	96	48	189	0
2.E.mecánica	208(b)	59 (a)	34	52	88	53
3.E.química	69(c)	0,5 (b)	73	41	46	76

Columnas con letras distintas en cada localidad difieren significativamente en el test LSD ($p < 0,05$)

En Navarra y Huesca el tratamiento herbicida resultó ser muy eficaz. En Huesca hubo una alta densidad de malas hierbas pero éstas eran dicotiledóneas de pequeño porte recién emergidas. En Zaragoza se trataba en gran medida de *Lolium rigidum* en avanzado estado, que ni siquiera se había podido eliminar completamente en el momento de la siembra, pues las persistentes lluvias otoñales e invernales no habían permitido realizar las labores adecuadas. En este ensayo, el herbicida tuvo escaso efecto, y en el caso de la grada de varillas flexibles, este efecto fue nulo. En Soria se observó un mejor control de la escarda mecánica que de la química y en Toledo no se realizaron conteos tras los tratamientos, ya que la flora arvense era muy escasa en todas las parcelas como consecuencia de haber realizado la siembra en una fecha tan tardía.

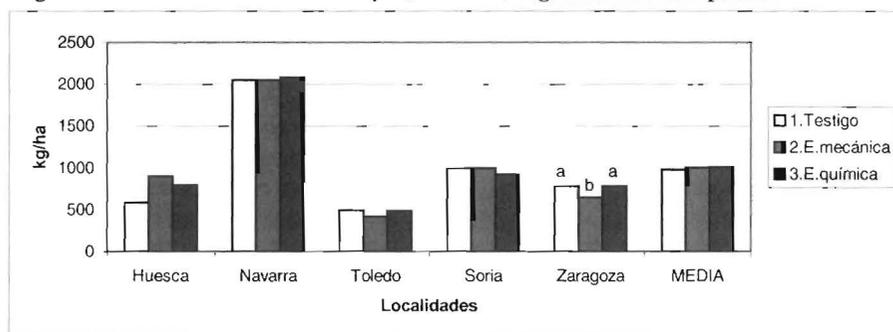
El herbicida fue, en general, más eficaz en cuanto a control de flora arvense, que la grada de varillas flexibles, hecho observado también por Lacasta *et al.* (1997), aunque ésta, en algunos casos, obtuvo un mejor resultado. Estas variaciones en la eficacia se deben por un lado, al tipo de flora arvense presente y a su estado de desarrollo, y por otra parte, a las condiciones climáticas posteriores. La ausencia de lluvias favorece que las malas hierbas arrancadas o dañadas tras el pase de la grada mueran o retrasen su crecimiento, dando ventaja al cultivo. La humedad posterior, por el contrario, facilitaría

que enraizaran de nuevo, pero sería beneficioso en el caso de haber aplicado un herbicida residual.

Producción según escarda

Los datos de producción (kg/ha) al 14% de humedad se muestran en la figura 2:

Figura 2: Producciones de los ensayos, en 2001, según la escarda aplicada.



Columnas con letras distintas, difieren significativamente en el test LSD ($p < 0.05$)

En Huesca y Soria se consiguió una mayor producción con la escarda mecánica, sin embargo en Toledo y Zaragoza fue la peor opción, incluso por detrás del testigo. Es posible que en estos ensayos se produjera una mayor evaporación tras el pase de la grada que acentuara más si cabe la sequía. En Toledo, además, se habrían producido daños al cultivo, pues el pase se realizó muy tarde (3 de Mayo).

Las diferencias de eficacia en cuanto a control de malas hierbas registradas a mitad de ciclo del cultivo no se tradujeron al final en diferencias de producción de grano. Una mayor eficacia no supuso necesariamente un aumento en la producción. Las medias de producción fueron prácticamente iguales entre parcelas escardadas mecánica o químicamente, pero es que también lo fueron frente al testigo sin aplicar ninguna medida de control, con mayor presencia de malas hierbas. Esto puede ser debido al efecto preventivo que la rotación llevada a cabo sobre la totalidad del ensayo, ejerce sobre la infestación de malas hierbas en el cultivo siguiente, y que puede ser suficiente para mantener la flora arvense en niveles que no llega a afectar significativamente al cultivo, aunque hay que tener en cuenta que, en general, desconocemos la producción potencial en parcelas totalmente limpias.

3.-Estudio económico

Ingresos

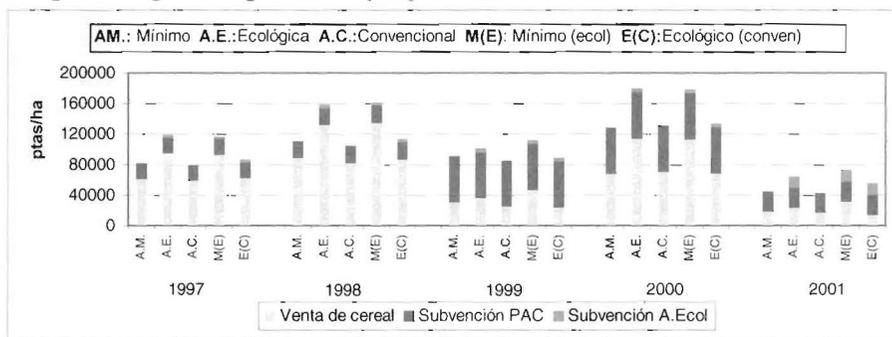
Se efectuó una estimación de ingresos y gastos para tres tipos de manejo descritos en el apartado de material y métodos. Las producciones obtenidas en Zaragoza en los 5 años y para cada manejo fueron las siguientes:

Tabla nº3: Producción obtenida en Zaragoza (kg/ha) en 1997-01

	Mínimo	Ecológica	Convencional
1997(cebada)	2650	2701	2542
1998(cebada)	3836	3757	3567
2001(cebada)	883	646	789
Media	2456	2368	2299
1999(trigo duro)	1222	944	988
2000(trigo duro)	2819	2840	2922
Media	2021	1892	1955

Los ingresos proceden de la venta del cereal y de las distintas subvenciones según el manejo llevado a cabo, figura 3.

Figura 3: Ingresos según el manejo aplicado, 1997-2001

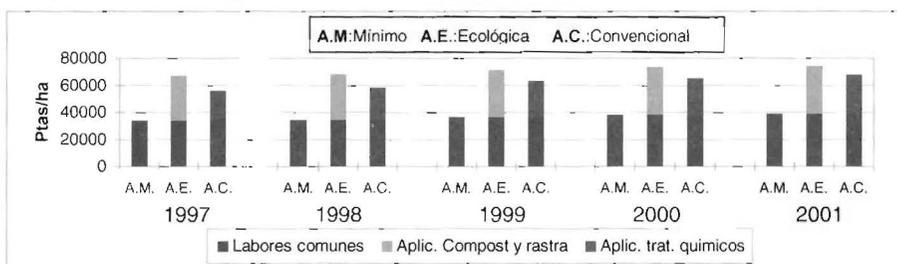


Dado que las producciones para los tres tipos de manejo son fundamentalmente iguales para los tres tipos de manejo (tabla 3), los mayores ingresos se producen en la opción ecológica, A.E. y en la de mínimos (que también puede considerarse ecológica) vendido a precio ecológico, M(E), ya que el precio de venta del producto se estima un 65-70% mas caro. En el trigo duro, años 99 y 2000, la producción suele ser menor que en cebada (exceptuando el año 2001) pero este hecho se ve compensado por el mayor precio de venta del trigo y por la mayor ayuda P.A.C. para este cultivo en Zaragoza. Los ingresos estimados en 2001 fueron muy bajos, pues la cosecha de cebada fue muy escasa, solo cabe resaltar la mayor ayuda concedida por la Administración a la producción ecológica que subió de 5000 a 15360 ptas/ha.

Gastos

Los gastos estimados para cada tipo de manejo y desglosados según se indica en el apartado de material y métodos se muestran en la siguiente figura:

Figura 4: Gastos según el manejo aplicado, 1997-2001

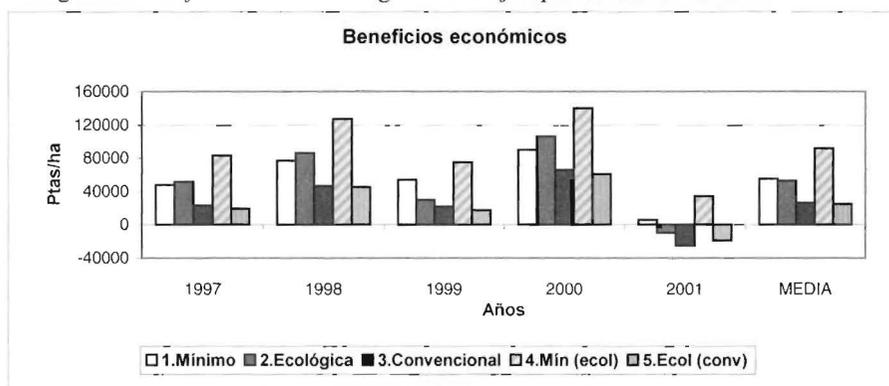


Lógicamente los menores gastos correspondieron a la “agricultura de mínimos”, A.M., ya que no se realizan operaciones ni de fertilización ni de escarda, La “agricultura ecológica” es la que mayores costes originó por los gastos derivados de la adquisición y distribución del compost a pesar de que la labor de escarda mecánica es más barata que la aplicación de cualquier herbicida.

Beneficios

A partir de los ingresos y los gastos se estimaron los beneficios para cada opción estudiada, los resultados fueron los siguientes (figura 5):

Figura 5: *Beneficios obtenidos según el manejo aplicado, 1997-2001*



Si tenemos en cuenta la media de los 5 años, se observa un beneficio económico similar entre la opción ecológica y la de mínimos, siendo peor opción la convencional. Agreda y Abós (2001) también estimaron beneficios mayores en una rotación ecológica de cereales frente a una convencional en zonas áridas y semiáridas de Navarra. Si se tiene en cuenta que, como hemos dicho, las producciones son prácticamente iguales en los tres tipos de agricultura analizados (incluso la opción de mínimos es la más productiva) las variaciones en la cuantía de los beneficios vendrán determinados por los costes de las labores y materias primas aplicados en cada agricultura y por el precio de venta del producto. Así, el menor coste de los insumos en la “agricultura de mínimos” se vio compensado por el mayor precio de venta del producto en “agricultura ecológica” para obtener prácticamente el mismo beneficio (Figura 5). Ahora bien, si vendemos la producción obtenida en el sistema de mínimos a precio ecológico, Mín (ecol), pasa a ser la mejor opción. Por el contrario, si el cereal obtenido mediante “agricultura ecológica” se vende a precio convencional, Ecol (conv), pasa a ser la peor opción. En el año 2001 hubo pérdidas en la mayoría de los sistemas debido a la escasa cosecha obtenida.

CONCLUSIONES

De los datos obtenidos y en las condiciones de los ensayos pueden extraerse las siguientes conclusiones:

-Fertilización: Aunque la fertilización química obtuvo como media, y en algún ensayo, mayor producción, este hecho no se puede extrapolar al conjunto de los ensayos, pues en algún caso resultó ser incluso contraproducente. Ningún tipo de fertilización parece determinante a la hora de obtener una mejor cosecha, en la mayoría de ensayos, el testigo sin fertilizar ha obtenido resultados parecidos a las parcelas fertilizadas.

-Escarda: El herbicida resultó ser, en general, más eficaz que la grada de varillas flexibles para el control de la flora arvense, aunque esta mayor eficacia no supuso necesariamente un aumento en la producción de grano. Tampoco el tipo de escarda parece incidir, bajo estas condiciones, en la producción final de grano.

-La rotación llevada a cabo en estos ensayos (veza o barbecho) tiene un efecto beneficioso sobre estos dos factores de estudio. Por un lado permite la recuperación de los niveles de nutrientes del suelo y por otro mantiene la infestación de flora arvense en unos niveles razonables, suficiente en ambos aspectos, para mantener unas producciones potenciales no muy altas.

-Economía: La “agricultura de mínimos” insumos fue la que mayores beneficios económicos generó, seguida muy de cerca por la “agricultura ecológica”, cuando se vende el producto a un precio mayor, de lo contrario pasó a ser la menos rentable.

BIBLIOGRAFÍA:

AGREDA, J. y ABOS, J. (2001). Rentabilidad de los cultivos ecológicos. Navarra Agraria. 126. 32-38

BETRAN, J.A. y PEREZ BERGES, M. (1997) “Respuesta del cereal en secano al abonado N P K” . Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. Información Técnica nº 30, 16 pag.

LACASTA, C., GARCÍA MURIEDAS, G., ESTALRICH, E., MECO, R., (1997). Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología, 4 pag.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2000). Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2000. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA Madrid.

RODRÍGUEZ PEREZ, M. y DIAZ-SALAZAR, J. (2002). Principales incidencias malherbológicas en la provincia de Ciudad Real. Campaña 2000-2001. XXI Reunión del Grupo de Trabajo Malas Hierbas y Herbicidas. Ciudad Real . 5 pag.

VAN HERWAARDEN, A.F. FARGUHAR, G.D., ANGUS, J.F., RICHARDS, R.A., HOWE, G.N.(1998). “Haying-off” the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research 49: 7, 1067-1081.

LAS ENTIDADES DE CONTROL Y CERTIFICACION EN LA PRODUCCION INTEGRADA



Departamento de Agricultura.

Servicio de Mercados Agroalimentarios
Dirección General I.C.A.
Pº María Agustín, 36
50071 Zaragoza

Jorge HERNÁNDEZ ESTERUELAS
Ingeniero Agrónomo
jhernandez@aragob.es

LAS ENTIDADES DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA

CAPITULO 1.- LAS ENTIDADES QUE REALIZAN LA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTO A LA LUZ DE LA NORMA EN-45011

1.- Introducción

Las políticas de marca, la diferenciación, la calidad, constituyen cada día más un objetivo y preocupación de los empresarios del sector agroalimentario.

La finalidad de la norma EN 45011 "Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto" es promover la confianza en la forma en la que se llevan a cabo las actividades de certificación de los productos. Dichas actividades, que se desarrollan mediante ensayos iniciales o evaluación del sistema de calidad seguida de una supervisión de muestras, indican la conformidad del producto frente a normas que concluyen en la emisión de marcas de conformidad y certificados de conformidad.

Dentro del terreno alimentario europeo se acogen a este sistema de certificación algunos Consejos Reguladores de las Denominaciones de Origen, Organismos que promueven la Agricultura Ecológica o asociaciones de productores que promueven marcas de calidad. Estos organismos están capacitados para la concesión de dichos certificados y marcas de conformidad y deben cumplir los requisitos de la norma EN 45011 según lo establecido en los reglamentos que regulan este tipo de productos agrícolas y alimentarios.

El cuerpo normativo de la norma EN 45.011 consta de 15 apartados:

1. Objeto y campo de aplicación.
2. Normas para consulta
3. Definiciones
4. Entidad de certificación
5. Personal de la entidad de certificación
6. Modificación de los requisitos de certificación
7. Recursos, reclamaciones y litigios
8. Solicitud de certificación
9. Preparación de la auditoría
10. Auditoría
11. Informe de auditoría
12. Decisión sobre la certificación
13. Seguimiento
14. Uso de licencias, certificados y marcas de conformidad
15. Reclamaciones dirigidas a los suministradores

La acreditación de una entidad de certificación en el cumplimiento de la norma EN 45011 la realiza, en España, la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), que nació bajo

el auspicio del Ministerio de Industria en 1993 con el objetivo de implantar las distintas familias de normas europeas de la serie EN 45000.

2.- La Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)

La "Entidad Nacional de Acreditación - ENAC", se adecua a lo dispuesto en las Leyes 191/1964, de 24 de diciembre, y 21/1992 de Industria, de 16 de Julio, el Real Decreto 2200/95, de 28 de diciembre, por el se aprueba el Reglamento para la Infraestructura de la Calidad y la Seguridad Industrial y demás disposiciones que le son de aplicación. Su ámbito de actuación es multisectorial y abarca la totalidad del territorio español, pudiendo también desarrollar su actividad en otros países. La sede social de ENAC radica en Madrid, calle de Serrano, 240 y puede seguirse la actividad que desarrolla a través de la página web <http://www.enac.es>

Esta entidad que no tiene ánimo de lucro y aplica la totalidad de sus rentas e ingresos, cualquiera que sea su procedencia, al cumplimiento de sus fines, se constituyó con la finalidad de acreditar en el ámbito estatal y a través de un sistema conforme a normas internacionales, la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad, o de un laboratorio de ensayo, o de un laboratorio de calibración, que operen tanto en el ámbito voluntario de la calidad como en el ámbito obligatorio de la seguridad industrial o de la verificación medioambiental.

Para ello, ENAC verificará el cumplimiento por las entidades a acreditar y acreditadas de los criterios exigidas por las normas internacionales y de las demás condiciones y requisitos pertinentes. Las acreditaciones que expida tendrán carácter de documento público por el que se reconoce y garantiza aquel cumplimiento ante terceros. El sistema de acreditación implantado tiene, en virtud de lo expuesto, como objeto procurar que tanto las acreditaciones que se expidan como los servicios que suministren sus titulares, estén reconocidos y aceptados nacional e internacionalmente, sin necesidad de nuevas evaluaciones y eliminando así posibles barreras a la libre circulación de los productos.

El sistema de acreditación implantado tiene como objeto procurar que tanto las



acreditaciones que se expidan por ENAC como los servicios que suministren sus titulares estén reconocidos y aceptados nacional e internacionalmente, sin necesidad de nuevas evaluaciones y eliminando así posibles barreras a la libre circulación de los productos. Para el mejor cumplimiento de este fin, ENAC desarrolla entre otras las actuaciones siguientes:

- a) Forma parte de aquellas organizaciones nacionales, europeas e internacionales que tengan objetivos afines suscribiendo los acuerdos de cooperación y/o reconocimiento que procedan, desempeñando en las mismas, la representación en

los términos que corresponda y asumiendo los derechos y obligaciones que conlleva dicha representación.

- b) Se relaciona con las entidades nacionales de acreditación de otros países, intercambiando experiencias y criterios y suscribiendo los acuerdos de colaboración y reconocimiento que procedan.
- c) Promueve y difunde los procedimientos y técnicas de acreditación y colabora a su implantación en otros países, especialmente los de Iberoamérica, prestando la asistencia técnica que se concierte en cada caso.
- d) Colabora con organizaciones nacionales e internacionales de normalización y metrología en materias relacionadas con sus fines y objetivos.
- e) Colabora con las administraciones públicas para la acreditación de aquellas entidades que por ley o disposiciones que la desarrollen estén sometidas a este requisito.
- f) Colabora con las instituciones de la Unión Europea, participando en los programas que tengan fines relacionados con la acreditación.
- g) Organiza congresos, conferencias, seminarios y actos públicos en general que contribuyan a la mejora del sistema de acreditación, a la formación de personas e interpretación de normas y criterios en la materia, y a la promoción y difusión de las actividades y fines de la Entidad y de sus acreditados.
- h) Edita publicaciones y material científico, técnico o informativo en cualquier clase de soporte con las mismas finalidades que las del epígrafe anterior.
- i) Desarrolla, en general, cuantas actividades se consideren necesarias para las funciones de acreditación en España, en la Unión Europea y en el ámbito internacional.

De esta forma, la organización y procedimientos de actuación de ENAC se ajustan en todo momento a los criterios y normas que se dicten por la Unión Europea en materia de acreditación, y en particular a las normas de la serie UNE 66500 (EN 45000) que le sean de aplicación o que se puedan dictar en el futuro en desarrollo o sustitución de las actualmente vigentes, así como a las guías y criterios de acreditación que se apliquen internacionalmente (preferentemente europeos) en desarrollo de los mismos.

ENAC garantiza la objetividad e imparcialidad de sus procedimientos, criterios y actuaciones, por lo que será incompatible toda vinculación técnica, financiera, comercial o de cualquier otra índole, de su personal, que pueda afectar a su independencia o influir en el resultado de los procesos de acreditación. Para ello quienes formen parte de los órganos de gobierno y representación de la Entidad no estarán afectados por esta incompatibilidad, pero tendrán el deber de abstenerse de intervenir en aquellos asuntos en los que estén directamente interesados.

Asimismo la actuación de ENAC estará presidida por criterios de apertura y transparencia, siendo públicas todas sus normas y procedimientos así como la relación de entidades acreditadas y el contenido y alcance de las acreditaciones que realice, sin

perjuicio del sigilo que deba observarse para la garantía de los derechos de terceros en la forma que se establezca en las normas reguladoras de los procedimientos de acreditación.

Podrán ser **socios** de ENAC las entidades y los laboratorios acreditados y sus clientes; Las Administraciones y entes públicos que tengan concertados con la Asociación convenios o acuerdos de colaboración en virtud de los cuales reconozcan la validez de las acreditaciones por ella concedidas, en sus respectivos ámbitos funcional o territorial de competencias y serán **socios natos** los representantes de las Administraciones públicas que designe el Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial. Si entre éstos no estuviera representado el Ministerio de Industria y Energía, podrá éste nombrar directamente a un socio nato de la Entidad con iguales derechos y deberes.

3.- Criterios para la utilización de la marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado.



La marca de ENAC es un símbolo usado por la organización acreditada para hacer público este hecho. Resulta de la combinación del logotipo de ENAC, la actividad acreditada y el número de acreditación. En el momento de aprobarse el presente documento la actividades pueden ser de Ensayo, Calibración, Certificación de sistemas de calidad, producto, personas o sistemas de gestión medioambiental, Inspección y Verificación Medioambiental.

La inclusión de la marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado en los informes o certificados emitidos como resultado de actividades amparadas por la acreditación es el medio por el cual las organizaciones acreditadas declaran públicamente el cumplimiento de todos los requisitos de acreditación en la realización de dichas actividades, por ello :

1. La marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado **debe ser utilizada** en todos los certificados o informes emitidos como resultado de actividades amparadas por la acreditación como garantía del cumplimiento de los requisitos de acreditación.
2. Todos los certificados o informes que incluyan la marca de ENAC o la referencia a la condición de acreditado podrán incluir a su vez una referencia a que ENAC es firmante de los acuerdos multilaterales de reconocimiento que tuviera establecido. Además, en el caso de certificados de sistemas de calidad podrá incluirse que *"ENAC es firmante del Acuerdo Multilateral del IAF"*. (International Accreditation Forum)¹

¹ Ver http://www.iaf.nu/PDF/Extract_MLA_PandP3_v2_Agree_Text.doc
IAF Mutual Recognition Arrangement (MLA), <http://www.iaf.nu/>

Todos los certificados emitidos por una entidad de certificación acreditada dentro de su alcance de acreditación, deben incluir la marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado. Puede utilizarse la marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado sólo en certificados cuyo alcance esté amparado por la acreditación, no permitiéndose en aquellos certificados que contengan alcances parcialmente amparados por la acreditación. Las entidades acreditadas no permitirán que sus clientes utilicen la marca de ENAC o referencia a la condición de acreditado bajo ninguna circunstancia.

4.- Criterios generales de la Acreditación. Competencia Técnica de las entidades de Certificación de Producto.

El texto del actual documento de la Norma, aprobado en junio de 1999, fue elaborado por el IAF (International Accreditation Forum), y tiene como objeto proporcionar explicaciones sobre la aplicación de la Guía ISO/IEC 65/EN 45011 con vista a armonizar los procesos de acreditación de las entidades de certificación. La Guía ISO/IEC 65/EN 45011 se mantiene como el documento normativo y, en caso de conflictos relativos a la aplicación de este documento, cada entidad de acreditación deberá decidir en los casos no resueltos.

La Guía ISO/IEC 65:1996 es una Guía Internacional que establece los requisitos que deben cumplir las entidades que realizan la certificación de productos. Para poder acreditar a estas entidades utilizando un sistema armonizado en todo el mundo, se necesita un conjunto de directrices que complementen dicha guía y que son las que se facilitan en dicho documento. Con ello se pretende que las entidades de acreditación puedan armonizar la aplicación de las normas frente a las cuales deben auditar a las entidades de certificación, siendo este un importante paso hacia el reconocimiento mutuo de la acreditación.

La certificación de un producto (término que incluye tal proceso o servicio) es un medio de asegurar que éste cumple con normas especificadas y otros documentos normativos. Algunos sistemas de certificación de producto pueden incluir ensayos iniciales de un producto y evaluación de los sistemas de calidad de los suministradores, seguidos de supervisión que tiene en cuenta el sistema de la calidad de la fábrica y el ensayo de muestras tomadas de fábrica y de productos puestos en el mercado. Otros sistemas se basan en ensayos iniciales y ensayos de supervisión y otros en ensayos de tipo únicamente.

La norma EN 45011 especifica los requisitos, cuya observancia permita garantizar que los organismos de certificación aplican sistemas de certificación por tercera parte de forma fiable y consistente, facilitando su aceptación tanto a nivel nacional e internacional, como del comercio internacional.

Los requisitos contenidos en la norma están escritos, fundamentalmente para ser considerados como criterios generales para las organizaciones que aplican sistemas de certificación de producto; estos requisitos pudieran tener que ampliarse cuando se utilicen

por un determinado sector industrial o de otro tipo o cuando se deban tener en cuenta requisitos particulares, tales como de salud o seguridad.

La declaración de conformidad con las normas u otros documentos normativos se hará en forma de certificados o marcas de conformidad. Los sistemas para la certificación de productos concretos o grupos de productos respecto a normas especificadas u otros documentos normativos requerirán, en muchos casos su propia documentación explicativa.

Aunque esta norma está elaborada para proporcionar certificación de producto por tercera parte, muchas de las disposiciones expresadas podrían ser útiles para procedimientos de evaluación de conformidad de producto por primera y segunda parte.

La gran variedad en sistemas de certificación podría en principio, parecer innecesaria e incluso confundir, igualmente, a neófitos del sector, clientes y operadores. La publicación ISO/IEC "Certificación y actividades relacionadas" está disponible para lectura de referencia y ayuda a responder cuestiones relativas a las prácticas de evaluación de la conformidad a nivel mundial.

4.1.- Objeto, campo de aplicación y definiciones

El sistema de certificación utilizado por la entidad de certificación puede incluir como se describe en la Guía ISO/IEC 53, uno o más de lo siguiente, lo cual podría asociarse con supervisión de producción o auditoría y supervisión del sistema de certificación del suministrador o ambas:

- ensayo de tipo o examen: ensayo o inspección de muestras tomadas del mercado o del stock del suministrador, o de una combinación de ambas;
- ensayo o inspección de cada producto o de un producto particular, si es nuevo o si ya ha sido puesto en uso;
- ensayo de lote o inspección;
- evaluación del diseño.

Para la realización de la labor de certificación debe existir

- *Un Documento normativo que proporciona reglas, directrices o características para actividades o sus resultados.*
- *Una Norma o Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado de orden óptimo en un contexto dado.*
- *Un Sistema de certificación con sus propias normas de procedimiento y gestión para realizar certificaciones.*

- *Un Esquema de certificación o Sistema de certificación para productos específicos a los que se aplican las mismas normas y reglas particulares, así como el mismo procedimiento.*
- *No conformidad o Desviación de un producto frente a los requisitos establecidos o, si el sistema de certificación de producto incluye la evaluación de un sistema de gestión del suministrador, ausencia o fallo sistemático en la implantación y el mantenimiento de uno o más de los elementos exigidos de dicho sistema, o una situación que podría, en función de las evidencias objetivas disponibles, plantear dudas razonables sobre la conformidad de los productos suministrados por el suministrador.*
- *Seguimiento del producto: Evaluación² para comprobar que el producto certificado sigue cumpliendo los requisitos establecidos.*

4.2.- Entidad de certificación

Las Entidades de Certificación no podrán discriminar o evitar el acceso de los solicitantes, sus servicios deberán ser accesibles a cualquier solicitante que caiga en su campo de actividad, los criterios de evaluación deberán ser los descritos en las normas especificadas y sus requisitos y auditorías estarán relacionados con el alcance de dicha certificación.

La Entidad de Certificación será imparcial, responsable de las decisiones que tome en cuanto a la concesión, mantenimiento, ampliación, reducción, suspensión y retirada de la certificación e identificará su equipo directivo (comité, grupo o persona) que tendrá la entera responsabilidad de:

1. asegurar que los ensayos, inspección, auditoría y certificación se realizan tal y como se define en la norma.
2. Formular las políticas relacionadas con el funcionamiento de la entidad de certificación.
3. Tomar decisiones en materia de certificación.
4. Supervisar la implantación de sus políticas.
5. Supervisar las finanzas de la entidad.
6. Delegar en comités o personas, según sea preciso, la autoridad para que realicen actividades definidas en su nombre.
7. Establecer las bases técnicas para la concesión de la certificación.

Asimismo una Entidad de Certificación será una entidad jurídica que contenga disposiciones que aseguren la imparcialidad de las actuaciones y que permita la

² El término *evaluación* se utiliza en la EN 45011 y en la Guía IAF tanto para indicar la suma de todas las actividades llevadas a cabo por la entidad de certificación para declarar la conformidad del producto con la norma de referencia, que suele incluir alguna o todas de las siguientes: ensayos, inspección (del producto, sistema de fabricación o inspección a cargo del fabricante) y auditoría (de un sistema de gestión o calidad), como para indicar de manera genérica a alguna de ellas. En la norma UNE se ha traducido el término *evaluación* de la EN 45011 por *auditoría*.

participación de todas las partes significativamente implicadas en el desarrollo de las políticas y los principios relacionadas con el contenido y el funcionamiento del sistema de certificación, asegurando que cada decisión en cuanto a certificación se toma por una persona o personas distintas de las que realizaron la auditoría;

Por otra parte tendrá los derechos y responsabilidades apropiadas a sus actividades de certificación tomando las medidas adecuadas para cubrir las responsabilidades legales que puedan derivarse de sus actuaciones y actividades y en consecuencia poseyendo la estabilidad financiera y los recursos necesarios para el funcionamiento de un sistema de certificación, disponiendo de personal suficiente, formado y con el conocimiento técnico y experiencia para realizar las actividades de certificación en función del tipo, rango y volumen de trabajo, bajo la responsabilidad de un director ejecutivo.

En consecuencia una entidad de certificación debe poseer un sistema de la calidad que inspire confianza en su capacidad de gestionar un sistema de certificación de productos, estableciendo políticas y procedimientos que distingan entre certificación de producto y cualquier otra actividad que desarrolle la entidad, estando su director ejecutivo y el resto del personal, libre de cualquier presión comercial, financiera o de otra índole que pudiera influir en los resultados del proceso de certificación. Para ello dispondrá de reglas y estructuras formales para la designación y el funcionamiento de los comités que participen en el proceso de certificación debiendo estar tales comités libres de cualquier presión comercial, financiera o de cualquier otro tipo que pudiera influir en sus decisiones. Se considerará que satisface este requisito una estructura en la que sus miembros sean elegidos de forma que se consiga un equilibrio de intereses y donde no predomine ningún interés particular.

Debe por ello asegurar que las actividades de los “organismos relacionados” no afectan la confidencialidad, objetividad o imparcialidad de sus certificaciones, y no deberá:

1. Suministrar o diseñar productos del tipo que certifica
2. Proporcionar asesoría o servicios de consultoría al solicitante sobre métodos relativos a la solución de obstáculos para obtener de la certificación solicitada.
3. Proporcionar cualquier otro producto o servicio que pudiera comprometer la confidencialidad, objetividad o imparcialidad de su proceso y decisiones sobre la certificación.

La entidad de certificación debe disponer asimismo de disponer de políticas y procedimientos para la resolución de reclamaciones, recursos y litigios recibidas de los suministradores u otras partes, sobre el tratamiento de la certificación o cualquier otro asunto relacionado.

Para aplicar la cláusula 4.2 e) de la Guía ISO/IEC 65 es preciso juzgar si todas las partes significativamente interesadas puedan participar. Lo que es esencial es que todos los principales intereses identificados reciban la oportunidad de participar y que

se consiga un equilibrio de intereses, en el que no predomine ningún interés en particular. Los miembros deberían ser elegidos normalmente, al menos de entre los siguientes grupos: Fabricantes o suministradores, usuarios o consumidores y expertos en la evaluación de la conformidad. Por razones prácticas se puede limitar el número de personas que componen el comité.

Para su actuación la entidad de certificación deberá dar todos los pasos necesarios para evaluar la conformidad con las normas de producto aplicables, de acuerdo con los requisitos del sistema de certificación de un producto específico. La entidad de certificación deberá especificar las normas aplicables, o partes de las mismas, y cualquier otro requisito tal como muestreo, ensayo e inspección, que serán la base del sistema de certificación aplicable. En el desarrollo de las operaciones de certificación, la entidad de certificación deberá cumplir, cuando sea apropiado, los requisitos para la adecuación y competencia del organismo u organismos o persona o personas que llevan a cabo ensayos, inspección y certificación/registro que se especifican en las guías ISO/IEC 25, 39 y 62.

En el caso de subcontratación de las labores de inspección la entidad de certificación asumirá la completa responsabilidad sobre el trabajo subcontratado y mantendrá su responsabilidad en la concesión, mantenimiento, ampliación, reducción, suspensión o retirada de la certificación, asegurando que la persona u entidad subcontratada es competente y cumple con las disposiciones aplicables de esta norma y otras normas y guías aplicables a ensayos, inspección u otras actividades técnicas, y que no está implicado, ni directamente ni a través de su empresa, en el diseño o producción del producto, de tal modo que su imparcialidad pudiera verse comprometida, obteniendo el consentimiento del solicitante.

4.3.- Sistema de la Calidad, condiciones de la certificación, auditorías internas, documentación y registro.

Las entidades de certificación deberán definir y documentar una política de calidad, gestionándolo y cumpliendo los requisitos aplicables de la norma y que sea adecuado al tipo, rango y volumen del trabajo realizado. El sistema de la calidad deberá documentarse y la documentación deberá estar disponible para su uso por el personal de la entidad de certificación. La entidad de certificación deberá asegurar una implantación efectiva de los procedimientos e instrucciones documentados del sistema de la calidad. La entidad de certificación deberá designar una persona, con acceso directo al más alto nivel ejecutivo, quien independientemente de otras responsabilidades, tendrá autoridad expresa para:

- a) asegurar que el sistema de la calidad se establece, implanta y mantiene de acuerdo con esta norma.
- b) informar a la dirección de la entidad de certificación sobre el funcionamiento del sistema de la calidad, para su revisión y como base para la mejora de dicho sistema.

Entre otra documentación deberá contener los procedimientos para la evaluación de productos e implantación del proceso de certificación, que incluya:

- 1) las condiciones para la emisión, mantenimiento y retirada de certificados;
- 2) controles sobre el uso y aplicación de los documentos utilizados en la certificación de productos;
- 3) la política y los procedimientos para el tratamiento de recursos, reclamaciones y litigios;

Para una correcta aplicación del sistema de la calidad, la entidad de certificación deberá realizar de forma planificada y sistemática, auditorías internas periódicas que abarquen todos los procedimientos, a fin de verificar que el sistema de la calidad se aplica y es eficaz.

La entidad de certificación deberá asegurar que:

- a) el personal responsable del área auditada es informado de los resultados de la auditoría;
- b) se toman las medidas correctoras apropiadas y en el plazo de tiempo adecuado;
- c) se registran los resultados de la auditoría.

La dirección de la entidad de certificación con responsabilidad ejecutiva, deberá revisar su sistema de la calidad a intervalos definidos y suficientes, para asegurar su validez y eficiencia para cumplir los requisitos de esta norma y los objetivos y las políticas de la calidad establecidas. Se deberán conservar registros de dichas revisiones.

Asimismo la entidad de certificación debe documentar ante quien lo solicite:

- información acerca de la autoridad que observa el funcionamiento de la entidad de certificación;
- una descripción documentada de su sistema de certificación que incluya las reglas y procedimientos para la concesión, mantenimiento, ampliación, suspensión y retirada de la certificación;
- información sobre los procesos de evaluación y de certificación relativos a cada sistema de certificación de producto;
- una descripción de los medios por los cuales la entidad de certificación obtiene apoyo financiero e información general sobre las tarifas aplicables a los suministradores solicitantes de productos certificados;
- una descripción de los derechos y obligaciones de los suministradores solicitantes de productos certificados que incluya los requisitos, restricciones o limitaciones para el uso del logotipo de la entidad de certificación y en la forma de referirse a la certificación concedida;
- información sobre los procedimientos para el tratamiento de reclamaciones, recurso y litigios;
- un directorio de productos certificados y sus suministradores.

Para finalizar hay que tener en cuenta que la entidad de certificación deberá mantener un sistema de registros que cumplan la legislación vigente y que permitan demostrar que los procedimientos de certificación se han realizado de forma efectiva, debiendo para ello conservarlos durante al menos un ciclo completo de certificación, o según lo que disponga la legislación vigente. El tiempo de conservación de los registros precisa una atención particular, en función de las condiciones jurídicas existentes y de los acuerdos de reconocimiento.

4.4.- Personal de la Entidad de Certificación

El personal de la Entidad de Certificación debe ser competente para las funciones que realiza debiendo en todo momento recibir instrucciones escritas claras que describan sus obligaciones y responsabilidades. Por todo ello la entidad de certificación deberá establecer los criterios mínimos de competencia del personal, con objeto de asegurar que la auditoría y certificación se realizan de manera efectiva y uniforme. debiendo disponer de información actualizada sobre la cualificación, formación y experiencia pertinentes de cada miembro del personal que participa en el proceso de certificación. Los registros de formación y experiencia del persona se deberán mantener actualizados, en particular lo siguiente:

- a) nombre y dirección;
- b) vinculación y posición que en la organización;
- c) cualificación académica y categoría profesional;
- d) experiencia y formación adquirida en cada campo de competencia de la entidad de certificación;
- e) la fecha de la última de actualización de los registros;
- f) la evaluación de sus actuaciones.

4.5.- Modificación de los requisitos de certificación

La entidad de certificación deberá notificar puntualmente de cualquier cambio que pretenda introducir en los requisitos de certificación. Antes de decidir la forma precisa y la fecha de entrada en vigor de dichos cambios, la entidad de certificación deberá tener en cuenta las opiniones, al respecto, de las partes interesadas. Una vez tomada la decisión y publicados los requisitos modificados, la entidad de certificación deberá verificar que cada suministrador realiza los ajustes necesarios de sus procedimientos en el periodo de tiempo que la entidad de certificación estime razonable.

4.6.- Recursos, reclamaciones y Litigios

Los recursos, reclamaciones y litigios interpuestos ante la entidad de certificación por suministradores u otras partes, deberán tratarse de acuerdo con los procedimientos de la entidad de certificación. La entidad de certificación deberá:

- a) mantener un registro de todos los recursos, reclamaciones y litigios y de las acciones tomadas relativas a la certificación;
- b) tomar las subsiguientes acciones apropiadas;
- c) documentar las acciones tomadas y evaluar su eficacia.

4.7.- Solicitud de certificación

Cuando un suministrador de producto solicite información sobre el procedimiento de certificación, la entidad deberá proporcionar a los solicitantes una descripción detallada y actualizada de los procedimientos de auditoría y certificación, apropiados a cada esquema de certificación, y los documentos que contengan los requisitos para la certificación, los derechos y los deberes de los solicitantes y suministradores que tienen productos certificados (incluyendo las tarifas aplicables a solicitantes y suministradores de productos certificados).

Por su parte la Entidad de Certificación exigirá a los suministradores

- a) cumplir en todo momento las disposiciones aplicables del programa de certificación;
- b) tomar todas las medidas necesarias para que pueda realizarse adecuadamente la auditoría, seguimiento, reevaluación o resolución de reclamaciones; entre ellas permitir el examen de su documentación y acceso a todas las áreas, registros (incluidos los informes de auditorías internas) y personal;
- c) declarar que está certificado únicamente para el alcance para el cual se le ha concedido la certificación;
- d) no utilizar la certificación de manera que pueda perjudicar el prestigio de la entidad de certificación y no hacer ninguna declaración referente a su certificación de producto que dicha entidad pudiera considerar como impropia o no autorizada;
- e) dejar de usar, una vez suspendida o retirada su certificación, toda la publicidad que contenga cualquier referencia a ella y devolver cualquier documento relacionada con ella cuando lo exija la entidad de certificación;
- f) usar la certificación únicamente para mostrar qué productos están certificados en conformidad con normas especificadas;
- g) asegurar que ningún documento o informe, ni parte del mismo, es utilizado de manera engañosa;
- h) cumplir con los requisitos de la entidad de certificación al hacer referencia a su condición de certificado en medios de comunicación, tales como documentos, folletos o publicidad.

4.8.- Preparación de la Auditoría, su realización e informe de la misma

Antes de proceder a la auditoría, la entidad de certificación deberá realizar, y mantener registros de la revisión de la solicitud de certificación, con objeto de garantizar que:

- a) están claramente definidos, documentados y entendidos los requisitos de certificación;
- b) se resuelve cualquier diferencia de interpretación entre la entidad de certificación y el solicitante;
- c) la entidad de certificación tiene capacidad para realizar el servicio de certificación en cuanto al alcance de la certificación solicitada, el emplazamiento en el que el solicitante desarrolla sus actividades y cualquier requisito especial tal como el idioma utilizado por el solicitante.

La entidad de certificación deberá elaborar un plan para sus actividades de auditoría a fin de realizar los preparativos que fueran necesarios. La entidad de certificación deberá designar personal adecuadamente cualificado para llevar a cabo las tareas de una auditoría específica. No se deberá designar personal que haya estado implicado, o esté empleado por un organismo implicado, en el diseño, suministro, instalación o mantenimiento de tales productos de modo y en un periodo de tiempo tal que pudiera comprometer la imparcialidad. Para asegurar que se realiza la auditoría de manera correcta, se deberá proporcionar, al personal que va a llevar a cabo la auditoría, la documentación de trabajo adecuada.

La entidad de certificación deberá evaluar los productos del solicitante de acuerdo con las normas que abarca el alcance definido en su solicitud y frente a todos los criterios de certificación especificados en las reglas del esquema de certificación.

La entidad de certificación deberá adoptar aquellos procedimientos de elaboración de informes que satisfagan sus necesidades, pero que al menos puedan garantizar que:

- a) el personal nombrado para evaluar la conformidad de los productos deberá entregar a la entidad de certificación un informe con los hallazgos encontrados en relación con la conformidad con todos los requisitos de certificación;
- b) la entidad de certificación hace puntual entrega al suministrador de un informe en el que se identifiquen las no-conformidades encontradas que deberán ser subsanadas con el fin de cumplir con todos los requisitos de certificación, así como las auditorías o ensayos suplementarios que se requieran. Si el solicitante puede mostrar que se han aplicado las acciones adecuadas para cumplir con todos los requisitos en un plazo de tiempo especificado, la entidad de certificación deberá repetir únicamente las partes necesarias del procedimiento inicial.

4.9.- Decisión sobre la certificación

La decisión de certificar o no de un producto debe ser tomada por la entidad de certificación basándose en la información obtenida durante el proceso de evaluación y cualquier otra información pertinente, no pudiendo delegar su autoridad para la concesión, mantenimiento, ampliación, suspensión o retirada de la certificación en personal o entidades externas.

La entidad de certificación deberá proporcionar a cada uno de los suministradores que ofrezca productos certificados, documentos de certificación formales tales como una carta o certificado firmado por la persona con la responsabilidad asignada para ello. Dichos documentos deberán identificar lo siguiente:

- a) nombre y dirección del suministrador cuyos productos son objeto de la certificación;
- b) alcance de la certificación concedida, que incluya cuando sea apropiado, lo siguiente:
 - a. los productos certificados identificados por tipo o rango de productos
 - b. las normas de producto u otros documentos normativos frente a los cuales se haya certificado cada producto o tipo de producto
 - c. el sistema de certificación aplicable.
- c) la fecha de entrada en vigor de la certificación y su periodo de vigencia, si es aplicable.

Cualquier solicitud de modificación del alcance de la certificación concedida deberá ser gestionada por la entidad de certificación.

4.9.- Seguimiento

La entidad de certificación deberá disponer de procedimientos documentados que permitan llevar a cabo el seguimiento, de acuerdo con los criterios aplicables del sistema de certificación correspondiente. La entidad de certificación deberá exigir al suministrador que le informe de cualquiera de los cambios mencionados, tales como intención de modificar el producto, el proceso de fabricación o, si es pertinente, su sistema de la calidad si dicho cambio es susceptible de afectar la conformidad del producto.

La entidad de certificación deberá determinar si estos cambios, requieren una investigación suplementaria. En tal caso, el suministrador no deberá estar autorizado a poner en el mercado productos certificados afectados por tales cambios, hasta que la entidad de certificación se lo notifique debidamente.

Cuando la entidad de certificación autorice el uso continuo de su marca sobre los productos de un tipo que han sido evaluados, el organismo de certificación deberá auditar periódicamente los productos marcados para confirmar que continúan siendo conformes con las normas. **Los procedimientos de seguimiento exigidos en la Guía ISO/IEC 65 para un sistema de certificación deberían incluir, según proceda, ensayos de seguimiento, inspección de seguimiento o seguimiento del sistema de calidad del solicitante.**

Por último la entidad de certificación deberá exigir a los suministradores de productos certificados, que mantengan el registro de las reclamaciones presentadas al

suministrador relativas al cumplimiento de un producto con los requisitos de las normas pertinentes y tomar las acciones correctoras apropiadas con respecto a tales reclamaciones.

CAPITULO 2.- LAS ENTIDADES DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA

5.- Cataluña



Mediante la ORDEN de 16 de noviembre de 2000, por la cual se crea el Registro de entidades de control y certificación de productos agroalimentarios, la Generalitat de Cataluña y de acuerdo con la normativa vigente, de los productos procedentes de la producción integrada, de acuerdo con la Orden de 24 de febrero de 1993 (DOGC núm. 1726, de 26.3.1993) se determinó que las entidades de certificación de dichas producciones debían cumplir la norma EN 45011.

Considerada la necesidad de modificar los requisitos que han de cumplir las entidades de control y/o certificación de productos agroalimentarios se publicó la Orden citada, cuyo articulado en catalán se acompaña

Article 1.- Creació del Registre

1.1 Es crea, en el si del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, el Registre d'entitats de control i certificació de productes agroalimentaris (en endavant Registre) dedicades al control i/o la certificació dels productes emparats per una indicació geogràfica protegida, denominació d'origen protegida o per una marca de qualitat, i dels productes procedents de la producció agrària ecològica, **de la producció integrada**, dels productes amb característiques específiques i dels plec de condicions de l'etiquetatge voluntari de la carn de vacum, així com d'altres distintius de qualitat o de forma de producció que la normativa estableixi.

1.2 L'esmentat Registre estarà a càrrec de la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària i podrà ser informatitzat.

Article 2.- Requisits d'inscripció

2.1 Es podran inscriure al Registre d'entitats de control i certificació de productes agroalimentaris les entitats que compleixin la norma EN-45004 i/o EN-45011, per als productes corresponents a l'objecte de control i/o certificació, respectivament, i els requisits que s'estableixen en aquesta Ordre.

2.2 Les entitats de control i/o certificació que siguin inscrites al Registre han de justificar el compliment de la norma EN-45011 i/o de la norma EN-45004 mitjançant la presentació d'un certificat d'acreditació d'ENAC (entitat nacional d'acreditació) l'abast del qual

inclogui l'activitat acreditada i la norma o el document normatiu sobre el qual es realitza l'activitat.

2.3 En cas que l'entitat de control i/o certificació en el moment de sol·licitar la inscripció al Registre no disposi de l'esmentat certificat d'acreditació d'ENAC després d'haver-lo sol·licitat, el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca podrà autoritzar, provisionalment, la inscripció per un període no superior a dos anys comptat a partir de la sol·licitud d'inscripció. Si transcorregut aquest període no es presenta el corresponent certificat d'acreditació, d'ofici es donarà de baixa l'entitat inscrita provisionalment al Registre.

2.4 Quan el volum del producte objecte de control i/o certificació no justifiqui econòmicament que l'entitat certificadora s'acrediti per l'abast corresponent a aquest producte, l'esmentada entitat podrà ser inscrita al Registre sempre que acrediti que ha obtingut o ha sol·licitat el certificat d'acreditació d'ENAC, l'abast del qual inclogui productes de característiques i naturalesa similars a les del producte o l'activitat objecte de control i/o certificació.

Article 3.- Procediment d'inscripció

3.1 Les sol·licituds d'inscripció al Registre es formalitzaran mitjançant una instància adreçada a la Direcció General de d'Indústries i Qualitat Agroalimentària.

3.2 La instància anirà acompanyada de la documentació següent:

- a) Dades generals de l'entitat (nom, domicili social, telèfon, fax, adreça electrònica).
- b) Identificació de la personalitat jurídica de l'entitat i fotocòpia compulsada de la documentació que ho acrediti.
- c) Fotocòpia compulsada del NIF de l'entitat.
- d) Organigrama de l'entitat amb identificació de les funcions i llista del personal corresponent a cada unitat de l'organigrama.
- e) Descripció dels mitjans d'inspecció i assaig propis o contractats.
- f) Llista d'empreses subcontractades.
- g) Llista de personal contractat o propi dedicat a la certificació i/o el control amb nom, càrrec i responsabilitats.
- h) Estructura i denominació del comitè encarregat de la certificació amb identificació dels seus membres i les funcions i els interessos que representen.
- i) Memòria d'activitats realitzades per l'entitat en relació amb l'activitat, i document normatiu pel qual es demana la inscripció.
- j) Declaració jurada del representant legal de l'entitat sol·licitant de no tenir cap dependència ni contracte d'assessorament amb les empreses o entitats a les quals controlin o certifiquin.
- k) Còpia compulsada del certificat d'ENAC al qual fa referència l'article 2.2 d'aquesta Ordre.
- l) Plec de condicions o norma del producte sobre el qual se sol·licita la inscripció al Registre que habilita per controlar i/o certificar.

- m) Compromís de subscripció d'una pòlissa d'assegurances que cobreixi les possibles repercussions de les actuacions de l'entitat de, com a mínim, 100.000.000 de pessetes (601.012,10 euros).
- n) Compromís de posar a disposició de la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària tota la documentació corresponent a l'acreditació dels controls realitzats.

3.3 En els casos que l'entitat inicialment no disposi del certificat d'ENAC que acrediti el compliment de la norma corresponent, i d'acord amb l'article 2.3 d'aquesta Ordre, l'entitat presentarà la documentació del sistema de qualitat que demostrï el compliment de la norma corresponent i còpia compulsada de la sol·licitud d'acreditació, així com de la corresponent resposta d'ENAC en la qual figuri el número d'expedient que li ha estat assignat.

3.4 Les entitats de control i/o certificació inscrites al corresponent registre d'altra comunitat autònoma que sol·liciten la inscripció al Registre de Catalunya hauran de presentar, juntament amb la sol·licitud, un certificat vigent acreditatiu de la inscripció en aquell Registre.

Presentada la sol·licitud i l'esmentat certificat, aquestes entitats seran inscrites automàticament al Registre i per mantenir la vigència de la inscripció hauran de complir els requisits que estableixen els articles 7 i 8 d'aquesta Ordre.

Article 4.- Resolució

4.1 La concessió o denegació de la inscripció es formalitzarà mitjançant resolució del director general d'Indústries i Qualitat Agroalimentària. Contra la denegació es podrà interposar recurs d'alçada davant el conseller d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

4.2 La manca de resolució expressa en el termini de 6 mesos des de la presentació de la sol·licitud d'inscripció tindrà efectes desestimatoris.

Article 5.- Certificat d'inscripció

Realitzada la inscripció, la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària expedirà un certificat d'inscripció on constaran les dades següents:

Número de registre.

Denominació o raó social de l'entitat.

Dades generals de l'empresa (adreça, telèfon, nom del titular o representant legal).

Abast de l'activitat de control o certificació.

Tipus de productes objecte de la certificació i normativa reguladora corresponent.

Validesa del certificat.

Article 6.- Comunicació d'irregularitats

En cas que l'entitat certificadora detecti l'incompliment greu del Plec de condicions del producte controlat i/o certificat ho comunicarà a la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària, així com les mesures adoptades.

Article 7.- Vigència de la inscripció

7.1 La inscripció al Registre d'entitats de control i certificació de productes agroalimentaris té una vigència d'un any. Per al manteniment de la inscripció, les entitats hauran de trametre a la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària, dins el termini màxim dels 3 mesos següents al d'acabament de la vigència de la inscripció, i juntament amb la sol·licitud de renovació de la inscripció, la documentació següent:

- Llistat d'operadors amb les adreces respectives.
- Informe d'auditoria interna.
- Pla anual de control de l'any en curs.
- Informe que reculli el grau de compliment del que estableixen les respectives normes o documents normatius i també les actuacions de control i/o certificació del producte, l'obertura d'expedients i, si escau, les sancions imposades.
- En el cas d'entitats acreditades per l'ENAC hauran de presentar, a més:
 - Document de renovació de l'acreditació emès per l'ENAC o còpia compulsada de la seva sol·licitud.
- En el cas d'entitats inscrites amb caràcter provisional hauran de presentar, a més:
 - Còpia compulsada de les actes de les reunions dels òrgans de govern que hagin tingut lloc desde l'últim procés d'avaluació.
- Documents del manual de qualitat i procediments que hagin estat objecte de modificació en relació amb els presentats anteriorment.

7.2 En cas que la renovació no se sol·liciti en els 3 mesos següents a la data de caducitat, es cancel·larà, d'ofici, la inscripció al Registre.

Article 8.- Modificació de les dades inscrites

Qualsevol modificació de les dades inscrites haurà de ser comunicada al Registre, mitjançant la tramesa de la documentació que la justifiqui per tal d'actualitzar la corresponent inscripció registral.

Article 9

9.1 La Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària podrà realitzar, prèviament a la inscripció al Registre, les inspeccions i les comprovacions a l'entitat que consideri adients.

9.2 Així mateix, la Direcció General d'Indústries i Qualitat Agroalimentària realitzarà les inspeccions i comprovacions necessàries a les entitats inscrites al Registre per tal de verificar el compliment d'aquesta Ordre i l'adequació del seu funcionament i activitats a la normativa vigent.

Article 10.- Cancellació de la inscripció

En cas d'incompliment de les normes que estableix aquesta Ordre, el director general d'Indústries i Qualitat Agroalimentària podrà acordar, prèvia audiència de l'entitat afectada, la cancellació de la Disposició transitoria.

Les entitats inscrites al Registre d'entitats de control i certificació de productes agroalimentaris creat per l'Ordre de 4 d'agost de 1992, tindran un període d'adaptació al que estableixen els apartats 2, 3 i 4 de l'article 2 d'aquesta Ordre, de sis mesos a partir de la data de publicació d'aquesta disposició al DOGC. Transcorregut aquest termini sense que les esmentades entitats hagin acreditat la seva adaptació i el compliment dels requisits que estableix aquesta Ordre seran donades de baixa, d'ofici, al Registre.

Disposició derogatòria

Queda derogada l'Ordre de 4 d'agost de 1992, per la qual es crea el Registre d'entitats de control i certificació de productes agroalimentaris (DOGC núm. 1631, de 12.8.1992).

Barcelona, 16 de novembre de 2000
Josep Grau i Seris
Conseller d'Agricultura, Ramaderia i Pesca

6.- País Valencià



A través de la Orden de 23 de mayo de 1997, de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, sobre reglamentación de las producciones obtenidas por técnicas de agricultura integrada y de las condiciones de autorización de las Entidades de control y certificación.(DOGV de 4 de junio de 1997) se reglamentaron las características de las entidades de control.

Desde el artículo 8 al 12 se determinan las condiciones que deben reunir las entidades de control de la Producción Integrada. En síntesis la Orden se adentra dentro de las especificidades de la Norma EN-45.011, sin citarla, aun cuando dista mucho de conseguir el rigor que la Norma determina.

Artículo 8

1. Cuando la Entidad de control y certificación emite informe sobre la actuación de un productor, elaborador o envasador a ella vinculado, del que resulte que éste no cumple las

condiciones establecidas en la Autorización concedida por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, el interesado podrá manifestar su disconformidad ante aquella Entidad y, en caso de discrepancia, ante la Consellería.

2. La Consellería requerirá entonces los antecedentes a la Entidad de control y certificación y practicará las comprobaciones que correspondan, dando audiencia al productor, elaborador o envasador interesado, y resolviendo en el plazo de tres meses si es o no correcto el informe desfavorable emitido por la Entidad de control y certificación.

3. En el caso de confirmar la Consellería el informe desfavorable de la Entidad de control y certificación en la misma resolución revocará la autorización concedida para la utilización del logotipo o marca especial de "Producción Agraria", que no podrá solicitarse de nuevo hasta transcurrido un plazo de dos años desde la revocación.

4. En tanto la Consellería no declare su disconformidad con el informe desfavorable emitido por la Entidad de control y certificación, el productor, elaborador o envasador afectado no podrá desvincularse de ésta para integrarse en otra Entidad.

Artículo 9

1. La Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación reconocerá formalmente, para un período de tres años la primera vez, y de cinco años las sucesivas cuando lo sean sin interrupción, por su solvencia técnica y garantía de objetividad e imparcialidad, a entidades públicas o privadas con personalidad jurídica, como Entidades de control y certificación colaboradoras de la Consellería en la vigilancia, control y certificación de los productos obtenidos por técnicas de producción integrada, de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 121/1995, de 19 de junio, del Gobierno Valenciano, en la presente orden y en las demás disposiciones complementarias y de desarrollo que puedan dictarse.

2. A las Entidades de control y certificación reconocidas les corresponderán las siguientes funciones:

-El control, calificación y validación de las anotaciones de los productores, autorizados realizadas en el cuaderno de explotación.

-La inspección de los lugares de producción, transformación, conservación y comercialización.

-La toma de muestras y realización de sus análisis, tanto de residuos de plaguicidas como otros que se estimen pertinentes, bien directamente o a través de laboratorios privados.

-Emitir los informes a que se refiere el artículo 7.3 de la presente orden, previos los controles, inspecciones, tomas de muestras y análisis necesarios.

Artículo 10

1. Para el reconocimiento de una Entidad de control y certificación ésta deberá reunir los medios materiales y personales suficientes para realizar adecuadamente su cometido.

2. Las condiciones mínimas exigidas a estas Entidades son:

-Dispondrán de personal técnico cualificado, con titulación de ingeniero agrónomo o ingeniero técnico agrícola, que hayan superado el curso de formación sobre “Producción Integrada” organizado y homologado por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

-Deberán disponer de locales, equipamiento técnico, medios de desplazamiento, infraestructura administrativa y demás medios adecuados para el cumplimiento de sus funciones, en el territorio de la Comunidad Valenciana.

-Deberán disponer de laboratorio propio o tener concertados o contratados los servicios de un laboratorio privado de análisis químico con instalaciones en la Comunidad Valenciana.

3. Cada Entidad de control y certificación deberá someter a la aprobación de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación un programa de control, supervisión y evaluación regulares de las actividades y los resultados de los productores, elaboradores y envasadores vinculados a la Entidad.

4. Las Entidades de control y certificación deberán mantener en todo momento las garantías de objetividad e imparcialidad respecto a todos los productores y transformadores sometidos a su control.

5. Sin perjuicio del carácter temporal del reconocimiento, este podrá ser revocado anticipadamente por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, previa audiencia de la Entidad, por el incumplimiento sobrevenido de las condiciones mínimas establecidas o por la negligente realización de sus cometidos.

Artículo 11

1. Las solicitudes de reconocimiento como Entidades de control y certificación se formularán por las entidades interesadas, acompañando una memoria expresiva de los medios personales y materiales disponibles para el cumplimiento de las funciones propias de dichas entidades, y acreditativa de su objetividad e imparcialidad en el ejercicio de las mismas.

2. Las solicitudes se resolverán por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación en el plazo de tres meses pudiéndose entender, en otro caso, desestimadas.

Artículo 12

1. Las entidades de control y certificación reconocidas deberán llevar para cada cultivo con reglamentación aprobada, en relación con los operadores sometidos a su control, los siguientes Registros:

- a) Registro de empresas de producción.
- b) Registro de elaboradores y envasadores.

2. Estos registros contendrán, respecto de cada operador autorizado, los mismos datos señalados en el artículo cuarto de la presente orden para el Registro Oficial de Productores Autorizados para la Producción Integrada de la Generalitat Valenciana, y deberán cumplir, en el caso de tratarse de ficheros automatizados, las exigencias establecidas en la Ley Orgánica 5/1992, de 29 de octubre.

7.- Andalucía



La puesta en marcha de la producción integrada en agricultura, y su indicación en productos agrícolas se desarrolla en el decreto 215/1995, desarrollada con la Orden de 26 de Junio de 1996

En la actualidad existen 14 Normas Técnicas Publicadas: Melón, Calabacín, Sandía, Pepino, Cítricos, Olivar, Tomate, Pimiento,

Judía, Frutales de Hueso (Melocotonero y Ciruelo), Berenjena, Fresa, Arroz y Patata

El Sistema de Control y de Certificación lo realizan 6 entidades privadas Agrocolor, Ecal SA, Sococer SA, Citrensis SL, Agrivera y AB Cert Iberia, SL

En el Capítulo IV de la ORDEN de 26 de junio de 1996, por la que se desarrolla el Decreto 215/1995, de 19 de septiembre, sobre producción integrada en agricultura y su indicación en productos agrícolas se desarrolla el aspecto del control. Así en su articulado se dice:

Artículo 9. Deber general.

Todas las parcelas de producción integrada y así como los centros de transformación, conservación y comercialización de los operadores comerciales podrán ser inspeccionadas para vigilar el cumplimiento de los requisitos establecidos. Los resultados de las inspecciones serán anotados, evaluados y documentados de acuerdo con los Reglamentos de Producción Integrada y los Protocolos de Inspección y evaluación de registros.

Artículo 10. Protocolos de Inspección y de Supervisión.

Para el ejercicio de las funciones de control especificadas en el artículo 8.2 del Decreto 215/95, de 19 de septiembre, la Dirección General de la Producción Agraria, oídas las asociaciones de agricultores interesadas, establecerá los Protocolos de Inspección, a llevar a cabo por las asociaciones de agricultores autorizados, y de Supervisión de las actividades de dichas asociaciones por parte de la Consejería de Agricultura y Pesca.

Artículo 11. Práctica de las inspecciones.

1. En las inspecciones se evaluarán parámetros cuantificables y los requisitos estipulados en el Reglamento específico para cada uno de los cultivos.
2. Las observaciones se anotarán en el correspondiente protocolo de inspección.

Artículo 12. Cuaderno de explotación y registro de las partidas.

1. Los registros de cada parcela contendrán básicamente aquellas actividades y elementos de la gestión que no puedan ser comprobados directamente en la inspección de campo y se anotarán en el correspondiente cuaderno de explotación.
2. Con carácter ordinario se efectuará la inspección de todos los centros de transformación, conservación y comercialización de los operadores comerciales y de, al menos, el 10% de las parcelas, elegidas al azar, mediante visitas no anunciadas.

El control citado lo vienen realizando entidades que solicitan la acreditación como entidades de inspección.

Requisito	Andalucía	Cataluña	Murcia	Valencia
Aplicación	API	Persona física	Persona física o jurídica	Persona física o jurídica
Condiciones	Responsable técnico. Máximo 250 Ha.	Productor. Asesoramiento técnico (acuerdo del Consell).	1 año previo (Técnico en finca o ATRIA).	Responsable técnico. Conocimientos básicos de P.I.
Logotipo	Único (varios colores)	Único	Genérico. Específico para cultivo.	Único
E.C. y C. (*)	Asociaciones o empresas autorizadas.	Consell. Comisiones técnicas, inspectores.	ATRIAs u otras entidades.	Empresas autorizadas

Cuadro comparativo del control en algunas CCAA.

8.- Aragón

En breve Aragón va a contar con su propia Normativa Técnica sobre Producción Integrada. Al objeto de dar cumplimiento a los distintos requerimientos sobre el control de las producciones agroalimentarias con signos distintivos de calidad se va a publicar un Decreto cuyas grandes líneas de actuación serán

La libre circulación de mercancías es una de las piezas angulares del Mercado Interior que necesariamente ha de compatibilizarse con los instrumentos de política agroalimentaria. Los mecanismos establecidos para lograr este objetivo se basan en políticas activas que eliminen nuevas barreras en el comercio, en el mecanismo del mutuo reconocimiento y en el establecimiento de reglamentaciones voluntarias de calidad y medidas de control.

De otro lado, una política orientada a la protección de los consumidores ha de tener en cuenta el creciente interés de éstos por una mayor calidad de los productos agroalimentarios y una mejor información sobre sus características, que, a su vez, permita a los operadores valorizar los mismos y asegurar la lealtad de las transacciones comerciales.

Estos objetivos pueden alcanzarse mediante un régimen voluntario basado en criterios reglamentarios, que exigen el establecimiento de sistemas de control con el fin de garantizar la conformidad de los productos agroalimentarios con las reglamentaciones a las que se someten.

Dado el carácter específico de los productos agroalimentarios se hizo necesario adoptar disposiciones especiales complementarias de las normas de etiquetado establecidas en la Directiva 79/112/CEE del Consejo, de 18 de diciembre de 1978, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios destinados al consumidor final. De esta manera, se aprobaron los Reglamentos comunitarios nº 2092/1991 del Consejo, de 24 de junio, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, nº 2082/1992 del Consejo, de 14 de julio, relativo a la certificación de las características específicas de los productos agrícolas y alimenticios y nº 820/1997 del Consejo, de 21 de abril, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de la especie bovina y relativa al etiquetado de la carne de vacuno y de los productos a base de carne de vacuno. En este sentido, estos productos agroalimentarios deben estar certificados por entidades que cumplan la norma ISO/IEC65/EN45011.

En el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón se aprobó el Decreto 150/2001, de 24 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se determina la autoridad competente y se aplica el sistema de etiquetado de la carne de vacuno y de los productos elaborados a base de carne de vacuno previstos en los Reglamentos (CE) nº 1760/2000, de 17 de julio, del Parlamento Europeo y del Consejo y (CE) nº 1825/2000, de 25 de agosto, de la Comisión.

En ejecución de la promoción y seguridad de la calidad, resulta conveniente extender la certificación de los productos agroalimentarios a todos los operadores sometidos a reglamentaciones voluntarias de calidad, con objeto de no crear condiciones de competencia desiguales.

El escenario descrito determina la necesidad de crear un Registro de entidades de certificación de productos agroalimentarios, adscrito a la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria del Departamento de Agricultura, que permita salvar la libre competencia, promocionar sistemas de certificación basadas en la confianza y autocontrol, garantizar la independencia, rigor e imparcialidad en la toma de decisiones apoyadas en el cumplimiento de la norma UNE/EN 45011 para los alcances necesarios, así como fomentar la profesionalidad y seguimiento de las entidades de certificación en el ámbito de los productos agroalimentarios.

Deberán inscribirse en el Registro las entidades dedicadas a la certificación de productos agroalimentarios amparados por algunos de los siguientes instrumentos: el pliego de condiciones de características específicas, el pliego de condiciones del etiquetado de la carne de vacuno, la mención "vinos de la tierra", las denominaciones de origen y las indicaciones geográficas protegidas, los sistemas de producción de agricultura ecológica, las marcas mercantiles que promuevan la calidad en la producción agroalimentaria y sometidas a reglamentaciones voluntarias de calidad, y por otros signos distintivos de calidad o de forma de producción de productos agroalimentarios que las normativas comunitaria, nacional o autonómica puedan establecer.

La solicitud de inscripción en el Registro se formalizará mediante instancia dirigida al Director General de Industrialización y Comercialización Agraria del Departamento de Agricultura, según modelo establecido en el Anexo I, y deberá acompañarse la siguiente documentación:

- a) Certificado de la entidad que acredite la representación de la persona que presente la solicitud, de conformidad con lo dispuesto en el art. 32 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.
- b) Acreditación de la personalidad jurídica de la entidad.
- c) Pliego de condiciones o norma del producto objeto de certificación.
- d) Manual de calidad del producto objeto de la certificación.
- e) Certificado de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) que acredite el cumplimiento de la norma ISO/IEC65/EN45011, con un alcance que incluya el producto objeto de certificación. En el supuesto de que no se disponga de esta certificación, se

deberá aportar la solicitud de acreditación y la correspondiente contestación en la que se le asigna un número de expediente.

f) Datos generales de la entidad, acompañando memoria que incluirá como mínimo la siguiente documentación:

Memoria de la estructura de la organización, aportando:

- Organigrama y estructura jerárquica del organismo.
- Descripción de los medios mediante los cuales obtiene el organismo su financiación.
- Exposición documentada de sus sistemas de certificación que incluya las reglas y los procedimientos para conceder la certificación.
- Información sobre la calificación, información y experiencia del personal afecto a la certificación.

g) Tarifas aplicables por la apertura del expediente, primera auditoría, certificación, análisis y mantenimiento.

h) Póliza de seguros que cubra los riesgos de la responsabilidad de la entidad por una cuantía mínima de, al menos, 601.012 euros (100.000.000 pesetas).

i) Compromiso de formalizar un contrato tipo cuando se contrate con laboratorios de ensayo u organismos de inspección que cumplan la correspondiente Norma ISO-17025 para Laboratorios y EN-45004 para entidades de inspección.

j) Modelo de contrato de concesión de certificados.

k) Compromiso de poner a disposición de la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria del Departamento de Agricultura toda la documentación correspondiente a la acreditación y los controles realizados.

l) Declaración de cualquier otra actividad distinta de la de certificación que realice la entidad.

Presentada esta documentación, la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria del Departamento de Agricultura, una vez que haya comprobado que la entidad interesada cumple la norma ISO/IEC65/EN45011 mediante la aportación del correspondiente certificado de la Entidad Nacional de Acreditación, procederá a la inscripción con carácter transitorio de la entidad en el Registro. No obstante, si en el momento de la solicitud de inscripción la entidad no dispusiera de dicha certificación, habiéndola solicitado previamente, se procederá a su inscripción transitoria por un período máximo de dos años, contado a partir de la fecha en que tuvo entrada la solicitud de inscripción en el Registro, si la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria estima que, de acuerdo con la documentación aportada, la entidad pudiera cumplir

la citada norma. Si antes de finalizar el plazo de dos años, la entidad no presenta el correspondiente certificado, se procederá de oficio a dar de baja la inscripción transitoria de la entidad en el Registro, salvo que la entidad acredite circunstancias especiales no imputables a la propia entidad que justifiquen el mantenimiento de la inscripción por un año más.

Cuando el producto a certificar tenga un ámbito de producción y/o transformación superior a la Comunidad Autónoma de Aragón y la entidad certificadora tenga el domicilio social fuera de esta Comunidad, para la inscripción en el Registro, deberá presentar, junto con la solicitud recogida en el Anexo I, la siguiente documentación:

- Pliego de condiciones, norma o documento normativo del producto sobre el que solicita certificar.
- Procedimiento de certificación del producto.
- Acreditación del cumplimiento de la norma EN-45011.
- Autorización de la Comunidad Autónoma donde la entidad solicitante tenga su domicilio social.
- Tarifas aplicables para la apertura del expediente, primera auditoría, certificación, análisis y mantenimiento.

Realizada la inscripción, la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria expedirá un certificado de inscripción en el que constarán los datos siguientes:

- Número de registro.
- Denominación o razón social de la entidad.
- Norma o documento normativo para el que se concede la autorización.
- Código de la autorización para cada norma o documento normativo.

En el caso de que la entidad certificadora detecte el incumplimiento grave del Pliego de Condiciones del producto certificado, lo comunicará a la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria, así como las decisiones adoptadas. En el supuesto de operadores pertenecientes a otra Comunidad Autónoma, además se comunicará al órgano administrativo correspondiente de esa Comunidad.

La inscripción en el Registro tendrá vigencia limitada y la La Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria podrá realizar, previamente a la inscripción en el Registro, las inspecciones y comprobaciones que considere necesarias. Igualmente, la Dirección General de Industrialización y Comercialización Agraria del Departamento de Agricultura realizará las inspecciones y comprobaciones necesarias con objeto de verificar el cumplimiento de las entidades inscritas de lo dispuesto en el presente Decreto y en el Manual de Calidad.

Cuando dejen de cumplirse los requisitos que dieron lugar a la inscripción, se detecte el incumplimiento de la labor para la que fueron autorizados, o bien se tenga conocimiento de dichos incumplimientos por comunicación del órgano competente de otra Comunidad Autónoma, se dará audiencia a la entidad certificadora, a fin de determinar la procedencia de su baja en el Registro durante un período mínimo de dos años.

Será obligatorio indicar en la etiqueta de los productos certificados por los operadores inscritos el nombre de la entidad que certifica la conformidad del producto con el pliego de condiciones o documento normativo correspondiente.

El Registro se instalará en soporte informático con objeto de agilizar y facilitar la gestión.

