

Sumario

Producción Vegetal

Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey, Cuba

Assessing of some microbial indicators in two cuban rice soils

P. Chaveli, L. Font, B.J. Calero, P. López, A.M. Francisco, R.D. Caballero, M. Valenciano 3

Eficiencia agronómica de seis sistemas de formación con la variedad de melocotón 'Merrill O'Henry®' (*Prunus persica* (Batsch))

Agronomical performance of cv. 'Merrill O'Henry®' (Prunus persica (Batsch)) on six training systems

R. Núñez, I. Iglesias, R. Montserrat, S. Alegre 13

El control fotobiológico de malas hierbas: revisión de una técnica controvertida

The photocontrol of weeds: a review on a controversial technique

A. Cirujeda, A. Taberner 27

Producción Animal

Análisis del progreso genético obtenido en el esquema de selección de la raza ovina manchega

Analysis of the genetic progress obtain in the selection program in Manchega sheep breed

J.J. Jurado, M. Serrano, M^a D. Pérez-Guzmán 41

Parámetros cinéticos en eyaculados bovinos de toros de raza frisona y rubia gallega

Motion characteristics in bovine ejaculates from holstein and rubia gallega bulls

R. Muiño, M. Fernández, A.I. Peña 55

Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey, Cuba

P. Chaveli*, L. Font*, B.J. Calero**, P. López*, A.M. Francisco*, R.D. Caballero*, M. Valenciano*

*Estación Experimental de Suelos Camagüey. Cacocúm #11, Reparto Puerto Príncipe, Camagüey.
E-Mail: suelos@eimanet.co.cu.

**Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura, Apto, 8022, C.P. 10800, Capdevila Boyeros, La Habana, Cuba.

Resumen

La zona Sur de la provincia de Camagüey, se dedica al cultivo del arroz. En estos suelos se muestran síntomas de degradación con la consiguiente disminución de rendimientos provocados principalmente, además de otros efectos ambientales, por la salinidad. Esto perjudica las condiciones de vida de la microflora edáfica por lo que cualquier alteración de su actividad genera indicadores que pueden ser utilizados para identificar el estado de degradación del suelo. El estudio se desarrolló en dos tipos de suelos, Ferrasol y Vertisol. El muestreo se realizó a una profundidad de 0-20 cm. Como índices de evaluación se utilizaron la actividad respiratoria y celulolítica, la capacidad nitrificadora además de otros indicadores del suelo y el cultivo. Los resultados mostraron que en ambos tipos de suelos, existe un estado microbiológico potencialmente degradativo, lo que trae consigo un deterioro de la fertilidad y por tanto un desequilibrio del agroecosistema de estos suelos potencialmente salinos. Estas condiciones de deterioro y empobrecimiento del suelo constituyen un medio desfavorable para la mayoría de los microorganismos.

Palabras claves: Indicadores microbiológicos, degradación del suelo, salinidad, cultivo del arroz

Summary

Assessing of some microbial indicators in two cuban rice soils

The South area of the Camagüey province, Cuba is dedicated to rice crops. These soils show degradation symptoms with the rising fall of the agricultural yields and affectations of the environment caused mainly by the salinity. This harms the life conditions of the edafic microflora hence any alteration of its activity indicators can be used to identify the degradation state. This can be used to promote a sustainable development of the soil resource. For this study two types of soils were selected: Ferrasol and Vertisol. The sampling was carried out till a depth of 0-20 cm. As evaluative indexes the breathing activity, celulolitic and nitrifying capacity and other indicators of the soil and the cultivation were used. The results showed that in both types of soils, a potentially degrading microbiologic state was identified, this causes deterioration of the fertility and therefore an imbalance of the agroecosystem of these soils potentially saline. These conditions of deterioration and impoverishment of the soil constitute an unfavorable environment for most of the microorganisms.

Key words: Microbial indicators, soil degradation, salinity, rice cultivation

Introducción

La degradación del suelo fue definida por Matlock (1976) como un proceso insidioso que puede ser expresado como el efecto acumulativo de una serie de acciones, que pueden o no ser evidentes tales como la reducción y desaparición de la vegetación, mayor tasa de escorrentía y menor infiltración de las precipitaciones, que conducen a la erosión creciente del suelo y la pérdida de la fertilidad.

La degradación inducida por el hombre, ocasiona la destrucción del potencial biológico de los recursos naturales por el mal uso y manejo de los mismos (Ortiz *et al.*, 1994), lo que trae como consecuencia la generación de procesos degradativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas y su entorno.

En la actualidad, en Cuba la degradación de los suelos es la principal causa de la disminución de los niveles de producción por unidad de tierra cultivada, a diferencia de los años 40 cuando la causa más importante de los bajos rendimientos eran las malezas (Durán, 1998).

Algunos de los procesos naturales y/o antrópicos que determinan la degradación del suelo son la erosión, salinización, acidificación, contaminación y el empantanamiento (Febles y Miranda, 1988). Otros factores que influyen en la degradación son el deterioro de la fertilidad debido a los bajos contenidos de materia orgánica, baja capacidad de cambio catiónico, daños por salinidad y altos contenidos de sodio, predominio de iones tóxicos y manto freático próximo a la superficie (Galvez *et al.*, 1998).

La degradación de los suelos por efecto de la salinización se encuentra entre los problemas más apremiantes en la crisis alimentaria mundial. Para satisfacer las demandas actuales de producciones agrícolas, ha sido

necesario abordar cambios en la agricultura, de extensiva a intensiva. Esto ha potenciado el uso de zonas muy frágiles desde el punto de vista ecológico, que sin un adecuado manejo, se han degradado aún más rápidamente (Francisco, 2000).

La zona Sur de la provincia de Camagüey se encuentra dedicada al cultivo del arroz. En estos, suelos el monocultivo desde hace más de 50 años es una de las causas fundamentales de su degradación y el principal causante de su baja fertilidad (Navarro, 1998). Según estudios realizados en esta región por Francisco (2000), se han comprobado síntomas de degradación del suelo y empobrecimiento con la consiguiente caída de los rendimientos agrícolas. Las afecciones del entorno provocadas por la salinidad, sodicidad y empantanamiento, incrementado por los efectos adversos de la deforestación del litoral costero y subcostero, mal drenaje y manejo no diferenciado, coincide con las causas de los procesos de degradación en Cuba descritos por Socarrás (1998). Todos estos factores tienen un marcado efecto en las regiones tropicales (Hernández *et al.*, 1998) e influyen además en la disminución de la fertilidad, la sabanización y la destrucción mecánica y agrotécnica del suelo.

Para cuantificar los componentes lábiles de la materia orgánica (MO) se han propuesto un gran número de métodos, dentro de los que se encuentran los métodos de fraccionamiento físico y los métodos biológicos. Estos últimos se basan en el análisis de la población microbiana, que resulta ser el componente más activo y sensible al impacto externo dentro del suelo y que define sus características, especialmente en lo referente a su fertilidad, interviniendo en los procesos de descomposición de residuos, reciclado de nutrientes y transformaciones de la MO del suelo (Schnürer *et al.*, 1985; Collins *et al.*, 1992; Lobkov, 1999).

Las bases biológicas del manejo agrícola según Swift (1999), han permanecido hasta hace poco como el equivalente de un estado pre-Mendeliano, ya que el conocimiento de genética, fisiología, bioquímica y ecología de los organismos del suelo se encuentran poco explotadas para propósitos prácticos.

Los microorganismos del suelo pueden ser vistos como entes primariamente responsables en el mantenimiento de la calidad del suelo y por lo tanto el funcionamiento de los mismos puede servir como un marcador biológico sensible para la comprensión de un sistema dado. De esta manera Powlson et al. (1987) señalan que los cambios en la población microbiana provee evidencias anticipadas de los cambios en la calidad del suelo más que cualquier indicador de la calidad de la materia orgánica.

La determinación de indicadores microbiológicos es utilizada para evaluar el efecto de las prácticas de manejo agrícola sobre la fertilidad del suelo, y parecen reflejar con más sensibilidad los cambios en su calidad, que las determinaciones químicas de carbono y nitrógeno (Franzluebbers et al., 1995; Beyer, 1995). Estudios realizados por Chaveli et al. (2002) demostraron la eficacia de estos indicadores en la evaluación del estado degradativo del suelo en agroecosistemas potencialmente erosionados y el efecto de las medidas de conservación de suelo aplicadas.

La respiración es uno de los indicadores más antiguos y es frecuentemente usada para cuantificar la actividad microbiana del suelo. El uso de este indicador microbiológico unido a otros como la respiración inducida por sustratos, la nitrificación y la descomposición de la celulosa, han permitido estimar la actividad de la biomasa y como ésta es influenciada por propiedades físicas y químicas o prácticas de manejo agrícola (Campbell et al., 1992; Calero et al., 1999;

Font, 1999; Font et al., 2002; Chaveli et al., 2002; Font et al., 2003; Chaveli et al., 2003).

De esta forma la actividad microbiana del suelo constituye una medida fundamental de importancia ecológica, puesto que por una parte representa el nivel de actividad biológica, involucrando el componente lábil de la MO y por otro, integra los factores del medio ambiente y su influencia en la misma (Zagal et al., 2002).

El objetivo planteado en este trabajo fue la utilización de indicadores microbiológicos, para evaluar el efecto del manejo agrícola empleado para el cultivo del arroz en dos tipos de suelos en la zona Sur de la provincia de Camagüey.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la zona Sur de la provincia de Camagüey, en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Rodolfo Ramírez Esquivel" área de producción de arroz perteneciente al municipio de Florida, provincia de Camagüey. Los suelos que predominan en esta región son los Ferrasoles y Vertisoles (USDA, 1994) y se encuentran afectados por la salinidad con una conductividad eléctrica media en extracto de saturación promedio de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, clasificándose como moderadamente salinos.

En ambos tipos de suelo el manejo utilizado fue de siembra en seco con mejoramiento, que consiste en 13 labores mecanizadas de preparación de suelo sin lámina de agua y la aplicación de residuos de cosechas (5-8 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ de masa verde) 60 días antes de la siembra. Se utilizó para el estudio la variedad de arroz J- 104 (Unión del Arroz, 2001) de ciclo medio de crecimiento y la densidad de siembra fue de 15 a 20 x 10^5 plantas/ha.

El muestreo se efectuó cuando el suelo se encontraba sin el cultivo establecido a la profundidad de 0-20 cm, tomando muestras compuestas en cada uno de los campos, durante tres años consecutivos. Las muestras para analizar se secaron al aire y se pasaron por un tamiz con malla de 2 mm (Calero et al., 1999).

Se utilizaron como índices evaluativos la respiración basal (RB), la respiración al añadir una fuente carbonada y nitrogenada de fácil degradación (RIC, RICN), la capacidad nitrificadora real y potencial del suelo (NR y NP) y la actividad celulolítica (DC).

La RB se determinó utilizando el sistema de frasco cerrado propuesto por Isemeyer (1952), por humedecimiento de 25 g de suelo al 60% de la capacidad máxima de retención de humedad, determinada según Forster (1995) y la determinación del CO₂ al cabo de 24 horas de incubación a 30 °C. Las soluciones utilizadas fueron las propuestas por Dommergues (1960). Para la determinación de la RIC, se aplicó glucosa a razón de 8,4 mg/g de suelo para los Ferrasoles y 10mg/g de suelo para los Vertisoles en solución acuosa y para la medida de la respira-

ción inducida con carbono y nitrógeno (RICN), el nitrógeno requerido para satisfacer la demanda de la biomasa microbiana en función del carbono se calculó considerando una relación C/N media para la biomasa no superior a 10 y asumiendo que sólo el 40% del C que se añade pasa a formar parte de la biomasa microbiana (Kelley y Stevenson, 1985).

La capacidad nitrificadora (NR) se determinó por incubación de 25 g de suelo durante 15 días según Bolotina y Abramova (1968). La extracción de nitrato se realizó con K₂SO₄ al 0,01% y se utilizó ácido disulfofenólico para el desarrollo del color. Para la nitrificación potencial (NP) se adicionó sulfato de amonio al 1% respecto al peso del suelo. El grado de descomposición de la celulosa (DC) se evaluó en tubos de ensayo utilizando tiras de papel de celulosa según Szegui (1988).

La tabla 1 recoge las principales características químicas y los rendimientos de las cosechas realizadas en la campaña correspondiente al momento de iniciar el estudio, en los Ferrasoles y Vertisoles.

Tabla 1. Características químicas y rendimientos del cultivo en los dos tipos de suelos antes de comenzar el estudio

Table 1. Soil chemistry characteristics and crop yields in both soil types before beginning the study

	pH (KCl)	M.O. %	P ₂ O ₅ mg 100 g s ⁻¹	K ₂ O	Rdtos t·ha ⁻¹
Ferrasol	5,6	1,47	4,49	12,70	3,51
Vertisol	5,5	1,77	9,14	11,09	2,92

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la caracterización del estado microbiológico del Ferrasol indican que la tecnología de manejo utiliza-

da ha provocado el establecimiento de una zona microbiológicamente activa. Como se aprecia en la figura 1 la RB, índice de actividad potencial básica (Alef y Nannipieri, 1995), es alta y muestra valores similares e

incluyo mayores a los obtenidos por otros autores en este tipo de suelo (Alfonso *et al.*, 1998; Calero *et al.*, 1999); lo cual denota la presencia de un mayor número de microorganismos viables y de reservas energéticas capaces de sustentar el metabolismo de los mismos, debido a que la cantidad de CO₂ desprendido expresa la microflora presente en estado de latencia la cual se activa utilizando el carbono (C) y nitrógeno (N) bioló-

gicamente disponible en las estructuras orgánicas del suelo, una vez que al mismo se le proporciona las condiciones óptimas de temperatura y humedad después de secado al aire (Calero *et al.*, 1999); por consiguiente la actividad respiratoria es considerada un indicador directo de la actividad microbiana e indirecto de los contenidos de MO del suelo (Mattew y Daviel, 1990; Leita *et al.*, 1995; Cheng *et al.*, 1997).

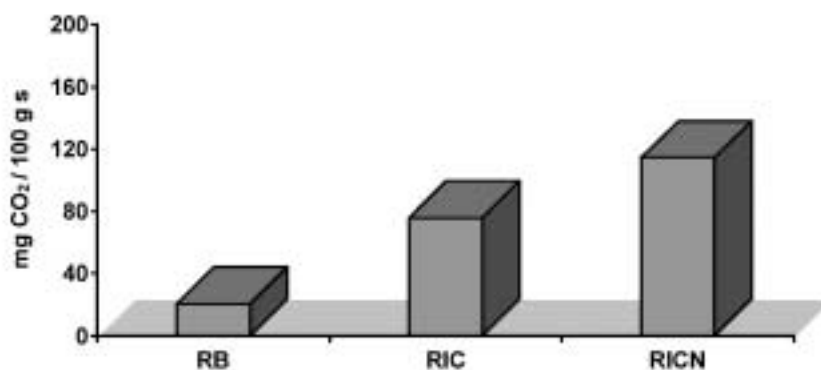


Figura 1. Comportamiento de la actividad respiratoria en el suelo Ferrasol.
Figure 1. Behavior of the breathing activity in the Ferrasol soil.

La alta población microbiana existente en el suelo, unido al bajo contenido de materia orgánica determinado químicamente (tabla 1), no adecuado en este tipo de suelo, indica un estado microbiológico potencialmente degradativo ya que los microorganismos, al necesitar material orgánico para su metabolismo, ataca la fracción más estable de éste, lo cual provoca una degradación progresiva y lenta de la materia orgánica nativa del suelo. Estos resultados demuestran que el manejo al cual ha sido sometido este suelo no ha sido el mas adecuado

Cuando la respiración es inducida por sustratos, puede identificar la porción de la biomasa microbiana que está activa bajo

concentraciones conocidas de C y N (Anderson, 1982), sin que la misma se encuentre limitada por dichas reservas. Estos indicadores se incrementaron con respecto a la RB (figura 1), o sea, existe una respuesta de la microflora a la adición de fuentes externas de C fácilmente degradable, como la glucosa (RIC) y de N (RICN). Este comportamiento indica la presencia de un mayor número de microorganismos, pero los mismos se encuentran limitados por deficientes reservas energéticas en la MO.

La capacidad nitrificadora (NR y NP) indica la capacidad microbiológica del suelo para desarrollar los procesos de mineralización de las formas orgánicas y amónicas de

nitrógeno hasta nitrato, forma en la cual este elemento es preferiblemente asimilado por el cultivo, pero también fácilmente lixiviado del suelo (Quemada y Cabrera, 1995). En la figura 2 se observa el comportamiento de este indicador, mostrando valores inferiores a los encontrados bajo condiciones diferentes en otros suelos (Alfonso *et al.*, 1998; Calero *et al.*, 1999; Font *et al.*, 2002); este hecho pudiera estar asociado a los valores de pH de este suelo (tabla 1). Se corrobora lo planteado por Fernández y Novo (1988), sobre la influencia que tiene la reacción del suelo en el pro-

ceso de nitrificación, donde se manifiesta que la misma disminuye marcadamente por debajo de pH 6.

No se aprecia incremento alguno de la capacidad nitrificadora cuando se crean condiciones favorables para el proceso de conversión de amonio a nitrato (NP), lo cual muestra que existe una población baja de microorganismos nitrificantes. Este comportamiento pudiera deberse a que de todos los procesos microbiológicos, la nitrificación es el más sensible a la influencia tóxica de la salinidad de acuerdo a lo señalado por Tsai *et al.* (1992).

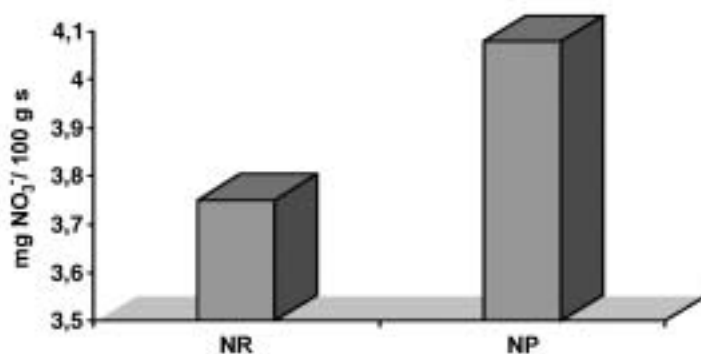


Figura 2. Comportamiento de la capacidad nitrificadora en el suelo Ferrasol.
Figure 2. Behavior of the nitrifying capacity in the Ferrasol soil.

Además estos suelos permanecen gran parte del tiempo bajo aniego, lo que propicia condiciones adversas para la permanencia de la microflora nitrificante (Siquiera y Franco, 1988; Primavesi, 1990).

En el caso de la RB en el Vertisol estudiado (figura 3), se observa que su valor resulta bajo con respecto a la obtenida para otros Vertisoles de la región (Mendoza *et al.*, 2001). El incremento de la respiración cuando ésta es inducida con glucosa (RIC) fue notable, y más aún con la adición de C + N (RICN), lo cual indica una microflora latente mucho más activa. Este hecho indica limita-

ciones de carbono y nitrógeno en el suelo para la actividad fisiológica de los microorganismos existentes.

La actividad nitrificadora en este tipo de suelo se muestra en la figura 4. La NP no presentó una respuesta similar a la discutida anteriormente en el Ferrasol, en el cual se observa un incremento de la misma con respecto a la NR, lo que evidencia que las condiciones para el proceso de conversión de amonio a nitrato no son muy favorables en el suelo nativo aún cuando existe mayor representatividad de microorganismos nitrificantes.

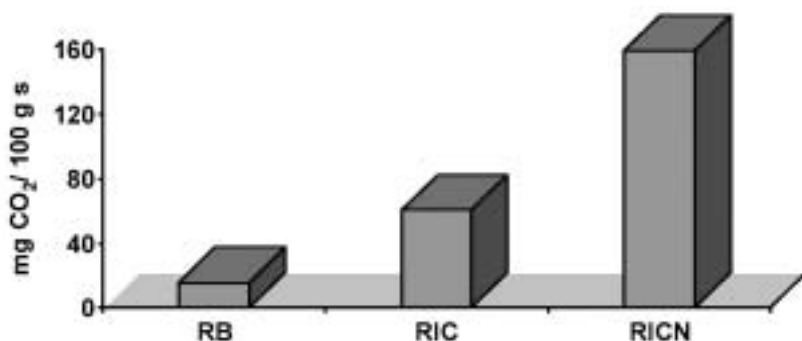


Figura 3. Comportamiento de la actividad respiratoria en el suelo Vertisol.
 Figure 3. Behavior of the breathing activity in the Vertisol soil.

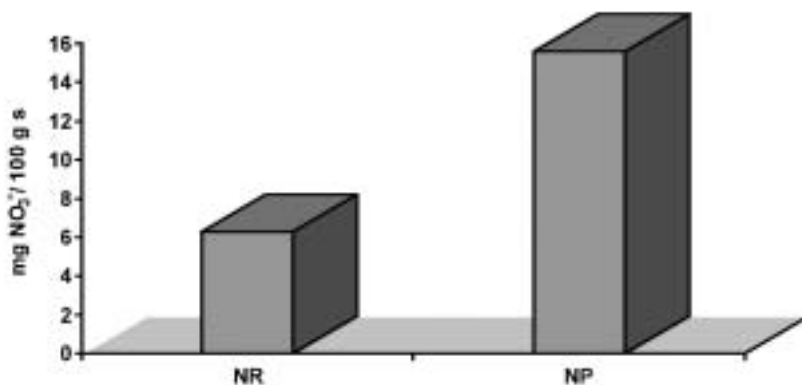


Figura 4. Comportamiento de la actividad respiratoria en el suelo Vertisol.
 Figure 4. Behavior of the breathing activity in the Vertisol soil.

La actividad celulolítica (DC) expresa la potencialidad de la microflora para degradar compuestos carbonados complejos. El comportamiento de este indicador en ambos tipos de suelo se muestra en la tabla 2. Este índice tuvo una mayor degradación de esta fuente carbonada en el Ferrasol aunque sus valores son muy inferiores a los reportados por varios autores en ese mismo período de evaluación (Font, 1999; Font et al., 2002; Chaveli et al., 2002).

En sentido general, existe degradación de la tierra en ambos suelos estudiados debido a

un deterioro de la fertilidad, no sólo como consecuencia de los bajos contenidos de materia orgánica como índice de degradación biológica (Gálvez, et al., 1998), sino también desde el punto de vista de su estado y actividad microbológica. El cultivo continuado del arroz unido a un manejo inadecuado de las aguas de riego, tecnologías de manejo no acordes a sus condiciones físicas, químicas y biológicas, los procesos de salinización y la deforestación del litoral costero, han llevado a que en ambos tipos de suelos se hayan agotado elementos energéticos que no permitan la expresión

de la microflora presente, resultando baja la población microbiana con respecto a la reportada en estos tipos de suelos bajo dife-

rentes condiciones de manejo (Alfonso et al., 1998; Calero et al., 1999; Font, 1999; Font et al., 2002; Chaveli et al., 2002).

Tabla 2. Comportamiento de la actividad celulolítica de ambos tipos de suelos
Table 2. Cellulolytic activity in both types of soils

Suelo	DC (%) 7 días	DC (%) 14 días	DC (%) 21 días	vDC/ día(%)&
Ferrasol	13,29	23,41	57,29	2,73
Vertisol	1,91	5,3	34,37	1,67

&Velocidad de descomposición de la celulosa por día.

Conclusiones

Los suelos Ferrasol y Vertisol cultivados con arroz, reflejan la degradación potencial de su estado microbiológico, lo que trae consigo un deterioro de la fertilidad y por tanto un desequilibrio del agroecosistema.

El manejo inadecuado de los suelos, afectados entre otros factores por la salinidad, constituyen un medio desfavorable para la mayoría de los microorganismos, principalmente los nitrificadores.

Bibliografía

Alef K, Nannipieri P, 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. 575 pp. Ed. Academic Press Inc. San. Diego (EEUU).

Alfonso CA, Calero B, Morejón L, Somoza V, Guerrero A, Monedero M, 1998. Rehabilitación de Ferrasol degradados por compactación del Sur de la Habana. Memorias del 16 Cong. Inter. de la Ciencia del Suelo. Vol. III. 561 pp. Montpellier, (Francia).

Anderson J, 1982. Soil respiration. Methods of soil analysis (segunda edición) 9 pp. Part. 2,

Ed. Agron. Monog., Amer. Soc. Agron, Madison. (EEUU).

Beyer L, 1995. Soil microbial biomass and organic matter composition in soils under cultivation. Biol. Fertil. Soils. 19: 197-202.

Bolotina NI, Abramova EA, 1968. Método para determinar la capacidad nitrificadora del suelo. [en ruso]. *Agrojimia*. 4: 136- 141.

Calero B, Guerrero A, Alfonso CA, Somoza V, Camacho E, 1999. Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. La Ciencia y el hombre. Vol XI 33: 89-94.

Campbell CA, Brandt SA, Biederbeck VO, Zentner RP, Schnitzer M, 1992. Effect of crop rotations and rotation phase on characteristics of soil organic matter in a Dark Brown Chernozemic Soil. Can. J. Soil Sci. 72: 403-416.

Chaveli P, Font L, Gandarilla JE, Calero B, Valenciano M, 2002. Estudio microbiológico de un suelo Pardo sin Carbonatos propenso a la erosión para un manejo agrícola sostenible. Centro Agrícola. 4: 66-71.

Chaveli P, Font L, Calero B, Francisco AM, López P, Caballero R, Valenciano M, 2003. Uso de indicadores microbiológicos para la evaluación de la degradación de suelos Oscuros Plás-

- ticos arroceros de la provincia de Camagüey. Centro Agrícola. 3: 61-66.
- Cheng T, Killham K, Malcoms S, 1997. Dynamic response of microbial biomass respiration rate and ATP to glucose additions. *Soil Biol. Biochem.* 29(8): 1249-1256.
- Collins HP, Rasmussen PE, Douglas CL, 1992. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 783-788.
- Dommergues Y, 1960. La notion de coefficient de mineralization du carbone dans les sols. Un exemple d'utilisation des techniques biologiques. *Agron. Trop.* 1(1): 54-60.
- Duran JL, 1998. Degradación y manejo ecológico de los suelos tropicales con énfasis en los de Cuba. *Agricultura Orgánica.* 1: 7-10.
- Febles JM, Miranda R, 1988. La protección de los suelos. Monografía. 148pp. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. La Habana. Cuba.
- Fernández C, Novo R. 1988. Vida microbiana en el suelo. 1ª y 2ª Parte. 525pp. Ed. Pueblo y Educación. Cuba.
- Font L, 1999. Uso de indicadores microbiológicos para evaluar el efecto a largo plazo de la fertilización mineral en un agroecosistema cítrico. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencia. 68pp. Universidad de Camagüey, Camagüey. (Cuba).
- Font L, Calero B, del Castillo A, 2002. Estado microbiológico del suelo, base del manejo integral de un agroecosistema cítrico. *LEISA. Rev. de Agroecología.* 18(3): 21-22.
- Font L, Chaveli P, Calero B, Francisco AM, LÓPEZ P, Caballero R, Valenciano M, 2003. Impacto de algunos procesos degradativos sobre el estado microbiológico de un suelo Ferrasol cultivado de arroz. *Centro Agrícola.* 3: 67-72.
- Forster JC, 1995. Soil physical analysis. Determination of the gravimetric water content and soil dry mass. pp. 105-116. En: *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry.* K. Alef and P. Nannipieri. (Ed). 575 pp. Academic Press Inc. San. Diego. (EEUU).
- Francisco AM, 2000. Nuevos indicadores para la caracterización y el diagnóstico de la salinidad de los suelos de Cuba. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias. 80 pp. Universidad de Camagüey. Camagüey. (Cuba).
- Franzluebbers A, Zuberer D, Hon's F, 1995. Comparison of microbiological methods for evaluating quality and fertility of soil. *Biol. Fertil Soils.* 19: 135-140.
- Gálvez V, Otero L, Navarro N, 1998. Reflexiones sobre los suelos de la llanura sur de Pinar del Río. *Agricultura Orgánica.* 1: 14-15.
- Hernández C, Arteaga O, Peña JL, Peña F, Cancio T, León G, 1998. El establecimiento de pastos como alternativa eficaz contra la erosión del suelo en la región "Escambray" *Agricultura Orgánica.* 1: 21-22.
- Isemeyer H, 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. pp. 215-217. En: *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry.* K. Alef and P. Nannipieri. (Ed). 575 pp Academic Press Inc. San. Diego. (EEUU).
- Kelley KR, Stevenson FJ, 1985. Characterization and extractability of immobilized ¹⁵N From the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 17(4): 517-523.
- Leita L, de Nobly M, Muhubachova G, Mondini C, Mardual L, Zerbi G, 1995. Bioavailability and effects of heavy metals in soil microbial biomass, survival during laboratory incubation. *Biol. Fertil Soils.* 19: 103-108.
- Lobkov VT, 1999. Biodiversity in agroecosystems as a factor optimizing the biological activity of soil. *Eurasian Soil Science.* 32: 664-668.
- Matlock W, 1976. Segments of vicious circle: Land degradation and water resources. Desertification process. *Problems and Perspectives.* pp. 45-50. University of Tucson, Arizona. (EEUU).
- Matthew R, Daviel D, 1990. Effects of conversion to organic agricultural practices on soil biota. *Amer. Jour of Altern. Agric.* 5(1): 26-32.
- Mendoza L, Pacheco O, Vento M, Francisco A, Sánchez M, 2001. La pérdida de suelo en los

- terrenos con relieve llano a ondulado. *Centro Agrícola*. 4:19-22.
- Navarro N, 1998. Degradación de los suelos provocado por el monocultivo en la Granja arrocera Caribe. *Agricultura Orgánica*. 1: 16-17.
- Ortiz ML, Ojeda A, Estrada J, 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. 161 pp. Madrid, (España).
- Powlson DS, Brookes PC, Christensen BT, 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19: 159-164.
- Primavesi A, 1990. Manejo Ecológico do Solo. A agricultura em regioes tropicais. (novena edición). 549 pp. Nobel. (Brasil).
- Quemada M, Cabrera M, 1995. CERES-N model predictions of nitrogen mineralized from cover crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1059-1065.
- Schnürer J, Clarholm M, Rosswall T, 1985. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents. *Soil Biol. Biochem.* 17: 611-618.
- Siqueira J, Franco V, 1988. *Biotechnology do Solo: Fundamentos e Perspectivas*. 36 pp: Ed. Ministerio da Educação. ABEAS; Lavras: ESAL. FAEPE Brasília (Brasil).
- Socarrás A, 1998. La vida del suelo: un indicador de su fertilidad. *Agricultura Orgánica*. 1: 12-13.
- Swift MJ, 1999. Towards the second paradigm: integrated biological management of soil. En: *Soil Fertility, Soil Biology and Plant Nutrition Interrelationships*. pp. 11-24. J.O. Siqueira, F.M. Moriera, A.S. López, L.R.G. Guilherme, V. Faquin, A.E. Furtini Neto, J.G. Carvalho (Eds). SBCS, Lavras. UFLA/DC. (Brasil).
- Szegui J, 1988. Cellulose decomposition and soil fertility. 241 pp. Akademiai Kiadó, Budapest, (Hungria).
- Tsai SM, Baraibar AVL, Romani VLM, 1992. Efeito de fatores do solo. Salinidade e pressão osmótica. Em: *Microbiología do solo*. pp. 59-72. Cardoso E.J.B.N.; Tsai, S.M. y Neves, M.C.P. (Eds). Sociedade Brasileira de Ciencia do solo. (Brasil).
- Unión del Arroz, 2001. *Instructivo Técnico del Arroz*. Segunda Edición. 119 pp. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.
- USDA, 1994. *Keys to soil taxonomic*. 305 pp. Soil conservation service. Sixth Edition.
- Zagal E, Rodríguez N, Vidal I, Quezada L, 2002. Actividad microbiana en un suelo de origen volcánico bajo distinto manejo agronómico. *Agricultura Técnica*. 62(2): 297-309.
- (Aceptado para publicación el 28 de enero de 2006).

Eficiencia agronómica de seis sistemas de formación con la variedad de melocotón 'Merrill O'Henry®' (*Prunus persica* (Batsch))

R. Núñez*, I. Iglesias**, R. Montserrat**, S. Alegre**

* Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México.

** Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA). Estació Experimental de Lleida. Avda Alcalde Rovira Roure, 191. 25196-LLEIDA

Resumen

Durante 9 años se ha estudiado en melocotonero, variedad 'Merrill O'Henry®/GF-305, el efecto de 6 sistemas de formación sobre el manejo, eficiencia productiva, producción, calidad, interceptación de la luz e incidencia de plagas y enfermedades. La plantación se ubica en la finca de Gimennells del IRTA-Estación Experimental de Lleida (NE-España). Los resultados obtenidos indican que la densidad de plantación ha afectado al vigor del árbol y ha condicionado la rapidez de entrada en producción. Al noveno año de plantación, los sistemas de mayor densidad, Ypsilon y Eje, fueron los más productivos. Sin embargo el sistema Tatura, con menor densidad de plantación, presentó mayor producción que la Palmeta. Los sistemas que presentaron el valor más alto de eficiencia productiva acumulada fueron el Tatura, el Vaso y la Palmeta, mientras que los sistemas con mayor densidad obtuvieron un valor más bajo. La mayor interceptación de luz correspondió al Tatura, el Ypsilon y el Vaso y la menor a la Palmeta, el Eje y el Doble Y. Respecto a los parámetros de calidad de la fruta, sólidos solubles, firmeza y acidez, no se han dado diferencias significativas entre sistemas. Los sistemas que mostraron los mayores calibres fueron el Doble Y, la Palmeta y el Vaso; siendo los menores para el Ypsilon, el Eje y el Tatura. El sistema-densidad afectó a la eficacia de los tratamientos fitosanitarios, presentando mayor incidencia de plagas y enfermedades el Tatura y los de menor afección el Eje y la Palmeta.

Palabras clave: vigor, precocidad, eficiencia, producción, calibre, calidad, interceptación de luz, enfermedades.

Summary

Agronomical performance of cv. 'Merrill O'Henry®' (*Prunus persica* (Batsch)) on six training systems

The study has been carried out over a nine years period in order to evaluate the effects of 6 training systems on production, quality, light interception, pest incidence and diseases by using the cv. 'Merrill O'Henry®' on GF-305 rootstock. The experimental orchard is located at the IRTA's Experimental Station of Lleida, plot of Gimennells (NE-Spain). The yields obtained suggested a relationship between tree density and tree vigour/early bearing. Based on cumulative yields, Y-shape and Axis were the most productive, due to the higher density. The best cumulative yield efficiency, was obtained with Tatura, Gobelet and Palmette, whereas high density systems provided lower values. Fruit quality, soluble solids contents and titratable acidity were not affected by training systems. The highest percentages of commercial fruit size were obtained with Double Y, Palmette and Gobelet; whereas Y-shape, vertical Axis and Tatura provided the lowest values. Tatura, Y-shape and Gobelet were the most efficient on light interception. Tree shape and density influenced pest control management, due to the direct effect of training systems on spray efficiency; thus, Tatura was the most affected by diseases and Palmette and Axis the lowest ones.

Key words: vigour, precocity, efficiency, production, fruit size, quality, light, interception, diseases.

Introducción

El melocotonero es la tercera especie de fruta dulce más producida a escala mundial, después del manzano y al peral. En los últimos años 30 años, la producción se ha incrementado en un 211 %, con un fuerte aumento en la última década, ocupando en el año 2001 una superficie de 1.814.000 ha con una producción de 13,3 millones de toneladas (Carbó e Iglesias, 2002).

El cultivo del melocotonero ha experimentado una notable evolución en lo referido a variedades, patrones, marcos de plantación y técnicas culturales. En las principales especies frutícolas se ha dado un proceso de intensificación de las plantaciones, pues se acepta que, dentro de un cierto límite, la entrada en producción es proporcional al número de plantas por hectárea o densidad. Lo anteriormente expresado es válido para cualquier especie frutal pero, en el caso particular del melocotonero, es necesario tener en cuenta que es una especie muy exigente en luz, de forma que los sombreamientos producen secado de brotes, aborto de yemas, caídas de hojas, pérdida de calidad de la fruta y también acortan el período productivo con respecto a otras especies frutales (Royo y Martínez, 1992). Por otra parte, en esta especie, no se dispone de patrones enanizantes que permitan un elevado grado de intensificación, en comparación con otras como el manzano el peral o el cerezo. Es por ello, que los sistemas de formación más utilizados en los principales países productores son del tipo vaso con densidades de plantación entre 400 y 800 árboles por hectárea.

La forma de los árboles y la densidad de plantación condicionan la rapidez de entrada en producción e influyen sobre la producción y las necesidades de obra (Delgado, 2000). La calidad de los frutos adquiere cada día mayor importancia, llegando a ser uno de los objetivos preferentes de la pro-

ducción. Las explotaciones frutales planifican su proceso productivo con la finalidad de conseguir frutos de calidad para satisfacer las exigencias del sector comercial y de los consumidores.

El presente trabajo tiene como finalidad valorar en melocotonero la eficiencia agronómica de seis sistemas de formación para hacer la elección del sistema más adecuado, buscando: precocidad de entrada en producción, fácil manejo, alta producción y calidad de la fruta.

Material y métodos

En enero de 1995, se estableció una parcela con la variedad de melocotonero 'Merrill O'Henry®' injertado sobre patrón GF-305 en la Finca de Gimennells del IRTA-Estación Experimental de Lérida, España (41.658° N, 0.393° E y 248 m de altitud). El presente trabajo se realizó durante los años 2001, 2002 y 2003. A pesar de ello y con el objeto de poder realizar un estudio global de la evolución de diferentes variables (vigor, precocidad, producción, calidad, etc.), se han utilizado los datos disponibles de todo el ensayo, es decir desde 1995. Los sistemas de formación evaluados así como el marco de plantación, densidad por hectárea, número de árboles por fila de la parcela elemental, así como la necesidad de la estructura de apoyo se exponen en la tabla 1. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones. En cada uno de los sistemas, la parcela elemental estuvo constituida por tres filas de árboles de 38,5 m de largo siendo la fila central la utilizada para la realización de los diferentes controles realizados. La orientación de las filas de los árboles fue en dirección Noroeste-Sureste.

Las variables determinadas fueron las siguientes: vigor, producción, peso medio y

calibre del fruto, radiación fotosintéticamente interceptada (PAR) e incidencia de enfermedades. El vigor, fue determinado anualmente desde 1997 a 2003, y se ha expresado como sección del tronco a 20 cm por encima del punto de injerto. La recolec-

ción se realizó a partir del 20 de agosto, en dos pasadas. La eficiencia productiva o índice de productividad en kg/cm² (I.P.) se calculó a partir de 1997 de forma anual y acumulada hasta el 2003, en base a la producción (kg/árbol) y a la sección del tronco (cm²).

Tabla 1. Marco de plantación, densidad y necesidad de estructura de apoyo de los diferentes sistemas de formación evaluados

Table 1. Planting distance, density, and needs of support structure for different training systems

Sistema	Marco de plantación (m)	Densidad (árboles/ha)	Parcela elemental (árboles/fila)	Estructura de apoyo
Ypsilon	5,5 x 1,75	1.038	22	No
Eje	4,5 x 1,75	1.270	22	Sí
Vaso	5,5 x 3,5	519	11	No
Doble Y	5,5 x 3,5	519	11	No
Palmeta	4,5 x 3,5	635	11	Sí
Tatura	5,5 x 3,5	519	11	Sí

Por cada sistema y parcela elemental, la producción se recolectó en dos pasadas, siendo la primera la mas importante, estableciéndose como criterio de cosecha el color sobre al menos el 50% de la superficie del fruto y el calibre superior a 75mm, por debajo de este se consideró no comercializable. De la primera pasada, se tomaron 16 kg de frutos de forma aleatoria, tanto de la parte alta como de la parte baja del árbol, para determinar el peso medio del fruto, el número de frutos por categoría comercial de calibre (<70 mm –no comercial–, 70-75, 75-80, 80-85 y >85mm), el calibre medio ponderado de los diferentes sistemas en el período 1997-2002 y el porcentaje de producción comercial. De los 16 kg de cada sistema de formación y repetición se escogieron al azar 20 frutos sobre los cuales se determinaron anualmente los contenidos de sólidos solubles, la firmeza y la acidez titulable, en base a la metodología propuesta por Carbó e Iglesias (2002).

En el año 2003, noveno año de plantación, se determinó la incidencia de enfermedades en

la parte baja y alta de los árboles. Para ello y sobre dos árboles de cada sistema y repetición, situados en el centro de la línea central de cada parcela elemental, se contó el número de brotes afectados por *Pseudomonas syringae* y en cada brote afectado el número de hojas con daños por dicha enfermedad. El mismo procedimiento se utilizó para determinar los daños causados por *Taphrina deformans* (Burk).

La influencia de los sistemas de formación en la interceptación de la radiación solar, se determinó mediante un ceptómetro Sun Scan SS1-UM-1.05 (Delta-T Devices Ltd Cambridge, UK) con 64 sensores fotodiodos dispuestos linealmente en una lanza de 100 cm de longitud. La medición lumínica correspondió a la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR entre 400 y 700 nm). Para efectuar las mediciones la lanza se colocó en la misma dirección que la fila de los árboles y se registro el valor promedio de todos los sensores de la barra. Se realizaron cuatro medidas mensuales en el período mayo-agosto de

2003. Para cada sistema, por repetición, entre la fila central y la adyacente en dirección sur se marcaron 20 puntos, a una altura del suelo de 30 cm, tal como se observa en figura 1, donde se realizaron las correspondientes medidas del PAR.

El análisis estadístico de las variables estudiadas se realizó mediante el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS, Versión 8.1 (SAS, 2002), estableciéndose la

significación estadística para $P=0,05$. Cuando el análisis fue estadísticamente significativo para las diferentes variables evaluadas (F-test), se utilizó el test del Rango Múltiple de Duncan para la separación de las medias, estableciéndose un nivel de significación del 5 %. Las variables medidas en porcentaje se transformaron mediante arcoseno raíz cuadrada para su normalización, antes de realizar el análisis de la varianza.

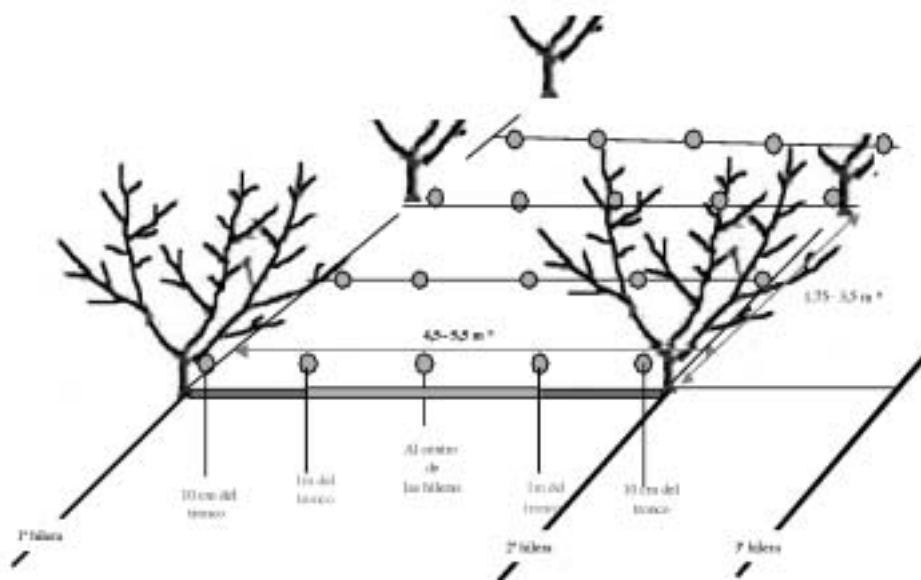


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada para la determinación de la radiación interceptada por los diferentes sistemas de formación mediante el ceptómetro. Cada punto indica un lugar de lectura.

Figure 1. Schema of methodology used to determinate the radiation intercepted by the different training systems by the use of a ceptometre. Each point represents a place of measure.

Resultados y discusión

Vigor

A partir del 3er año y hasta el noveno, los sistemas de baja densidad (Vaso, Doble Y y Tatura), presentaron la mayor sección transversal del tronco (STT), con respecto a los de mayor densidad, dándose diferencias significativas entre los mismos (figura

2). Ello puede ser debido a que en dichos sistemas para su formación durante los primeros años, en la poda de invierno se realizaron intervenciones más severas que en el resto de los sistemas. Dichas intervenciones estimularon la actividad vegetativa y retrasaron la entrada en producción, con el consiguiente incremento de vigor, con respecto a los sistemas de mayor den-

sidad como el Ypsilon y Eje. Destacar que en el Doble Y, para mantener la altura de

2,5 m, se utilizó la poda en verde sistemáticamente.

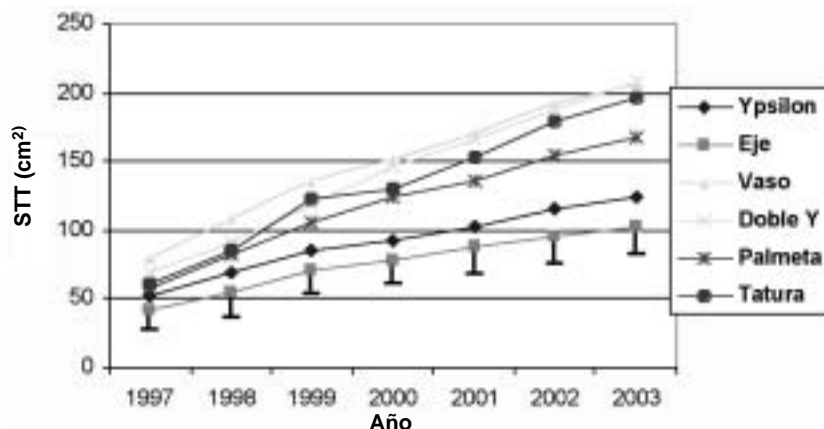


Figura 2. Evolución de la sección transversal del tronco (cm^2) de diferentes sistemas de formación en melocotonero a lo largo del período 1997-2003. Los puntos corresponden a la media de tres repeticiones. Las barras verticales indican la LSD ($P \leq 0,05$) para cada año.

Figure 2. Evolution of the trunk cross-sectional area (cm^2) of several peach training systems over the period 1997-2003. Each point is the mean of 3 replicates. Vertical bars indicate the LSD ($P \leq 0,05$) for each year.

Espada et al. (2000) evaluaron los sistemas de Vaso y Eje en melocotonero con las variedades 'Jesca', 'Calante', 'CA-8' y 'Evaissa', injertados sobre GF-677, con una densidad de 277 y 555 árboles/ha, siendo también el vigor mayor en el vaso, por lo anteriormente expuesto. Corelli y Sansavini (1991) reportan que la sección transversal del tronco en melocotonero al cuarto año, para las variedades 'Flavorcrest' y 'Rubyred', fue mayor en Vaso (102 cm^2), Palmeta (94 cm^2), Eje (63 cm^2) y el Ypsilon (57 cm^2) a una densidad constante de 729 árboles/ha, obteniendo secciones similares a las del presente ensayo.

Precocidad de entrada en producción y Producción total Acumulada

Como en otras especies, en melocotonero, la rapidez de entrada en producción ha

estado directamente relacionada con la densidad de plantación, independientemente de la forma asociada a cada sistema, tal como se observa en la tabla 2. El sistema en Eje, el de mayor densidad, fue el que presentó la más alta producción acumulada en los primeros tres años (1996-1998). En el año 1999 no hubo producción debido a una fuerte granizada a principios del mes de mayo. En el 2000 no hubo diferencias entre sistemas, y estas fueron pequeñas en el año 2001. Mientras en los años 2002 y 2003 los sistemas que alcanzaron la mayor producción fueron el Ypsilon y el Tatura, éste último de baja densidad de plantación, comportándose el resto de forma similar.

Al noveno año de cultivo los sistemas de mayor producción acumulada fueron el Ypsilon y el Eje. Sin embargo, el sistema Tatura, con menor densidad, presentó

mayor producción que la Palmeta, tal como se observa en la tabla 3. Es por ello que las producciones acumuladas en el periodo 1996-2003 no han mostrado una relación

directa con la densidad de plantación, y se han relacionado más con el volumen final de copa de los árboles (datos no expuestos) y con la interceptación de la luz.

Tabla 2. Producciones anuales y acumuladas (kg/ha) en el periodo 1996-2003 de diferentes sistemas de formación en melocotonero

Table 2. Annual and cumulative yields (kg/ha) over 1996-2003 period, of different peach training systems

Sistema	1996 2° año	1997 3° año	Acumulada 1996-1998	2000 6° año	2001 7° año	2002 8° año	2003 9° año	Acumulada 1996-2003
Ypsilon	3.851 b	21.955 a	61.908 ab	42.243 a	41.080 a	45.703ab	60.314 a	251.248 a
Eje	6.890 a	22.793 a	67.985 a	43.127 a	41.454 a	42.198 b	53.860 b	248.624 a
Vaso	1.766 bc	20.147 a	56.379 bc	40.907 a	35.103 ab	41.929 b	50.359 b	224.677 c
DobleY	1.585 c	16.128 b	45.000 e	39.035 a	29.725 b	32.555 c	45.876 b	192.191 d
Palmeta	3.686 bc	16.173 b	53.331 cd	40.428 a	42.006 a	39.139 b	48.222 b	223.126 c
Tatura	2.104 bc	14.650 b	47.501 de	43.580 a	37.525 a	50.485 a	58.443 a	237.534 b

Valores con la misma letra en la misma columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Una experiencia realizada en Francia con las variedades 'Manon' y 'O'Henry®' conducidos en Doble Y y en Ypsilon; puso de manifiesto que el Doble Y presentó mejor calidad de ramos mixtos, pero fue de más lenta entrada en producción que el Ypsilon, debido a una menor densidad de plantación (Delgado, 2000), resultados coincidentes con los obtenidos en el presente ensayo. En otra experiencia similar, Blanc y Arregui (1999), evaluaron con cuatro variedades de pavia los sistemas Vaso (marco de plantación a 5x3,5m), Doble Y (marco 5x3m), Ypsilon (marco 5x5m) y Palmeta (marco 5x5m), resultando el Doble Y el de más rápida entrada en producción y la Palmeta el sistema más lento en entrar en producción, debido probablemente a que la distancia entre árboles e hileras fue distinta. En el presente ensayo el comportamiento de los sistemas ha sido diferente, dado que la Palmeta ha sido más precoz que el Doble Y.

Peso medio del fruto

En la tabla 3 se expone el peso medio del fruto correspondiente a los diferentes sistemas. En el primer año se encontraron mínimas diferencias estadísticas, siendo el sistema Ypsilon el que presentó los frutos de menor peso debido probablemente a que fue de los sistemas de mayor densidad. En el 2000 hubo ligeras diferencias, siendo el Ypsilon y el Tatura los que mostraron los frutos de menor peso. En el 2001 y 2002, no se encontró diferencia estadística entre sistemas. En el año 2003 en todos los sistemas, con diferencias estadísticas entre ellos, disminuyó el peso medio del fruto con respecto al obtenido otros años. Los sistemas que alcanzaron el mayor peso fueron la Palmeta, el Vaso y el Eje; mientras que el Tatura fue el de menor peso.

Marini y Sowers (2000) observaron, en la variedad 'Norman' conducida en Vaso y

Tabla 3. Peso medio del fruto (g) correspondiente a diferentes sistemas de formación de melocotonero. Valores medios anuales para el período 1998-2003
 Table 3. Average fruit weight (g) of different peach training systems. Annual mean values obtained over 1998-2003 period

Sistema	1998 4º año	2000 6º año	2001 7º año	2002 8º año	2003 9º año
Ypsilon	209,3 b	182,7 b	223,7	263,2	208,3 ab
Eje	222,6 a	198,3 ab	224,5	269,7	213,8 a
Vaso	232,0 a	194,0 ab	232,6	277,6	216,8 a
Doble Y	228,4 a	199,3 a	229,0	285,7	210,4 ab
Palmeta	232,2 a	190,6 ab	229,4	283,7	222,3 a
Tatura	228,8 a	182,7 b	227,6	279,6	197,4 b

Valores con la misma letra en la columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

densidades de 740 y 370 árboles por hectárea, que el peso medio del fruto disminuyó al aumentar la densidad, probablemente debido a una menor disponibilidad de luz. Sassella (1997) evaluó los sistemas Ypsilon y Fuseto (densidad 556 árboles/ha), Palmeta y Vaso (333 árboles/ha) en melocotonero con las variedades 'Redhaven' y 'Spring Crest', utilizando el patrón GF-305, encontrando una interacción significativa *sistema de formación x variedad*, dado que con 'Redhaven' el Ypsilon presentó el mayor peso medio, mientras con 'Spring Crest' fue la Palmeta el sistema con un peso de fruto superior.

Los datos obtenidos en el presente ensayo muestran que la densidad apenas afectó al peso del fruto, dado que la disponibilidad de luz no se vio limitada en ningún caso, al tratarse de densidades óptimas para cada sistema. A lo largo del período de estudio, el Ypsilon fue el sistema con frutos de menor peso, en cambio la Palmeta fue de los sistemas que produjeron frutos de mayor peso. A pesar de ello dichas diferencias no fueron siempre significativas a lo largo de los años.

Calibre

El calibre medio ponderado de las producciones de los diferentes sistemas en el período 1997-2002, así como los porcentajes de producción comercial obtenidos, se exponen en la tabla 4. Con respecto al calibre <70mm (no comercial), se dieron diferencias significativas entre sistemas, correspondiendo los mayores porcentajes a los sistemas con mayor densidad, el Ypsilon, el Eje y el Tatura. No hubo diferencias en los intervalos superiores, a excepción del Ypsilon que obtuvo el porcentaje más bajo en las categorías más altas, 22,6% en 80-85 y 11,0% en >85mm. En lo que respecta al porcentaje de producción comercializable, los sistemas que mostraron los mayores porcentajes fueron el Doble Y, la Palmeta y el Vaso; mientras que el Ypsilon, el Eje y el Tatura obtuvieron los valores más bajos.

Caruso et al. (1998) utilizando los sistemas Ypsilon y Eje con 'Spring Lady', densidad de 1111 árboles/ha y altura de 4,5 m, obtuvieron con el Ypsilon los mejores resultados, especialmente en la parte media del árbol, situándose los calibres no comerciales en la parte baja. Corelli y Sansavini (1991) evaluando los sistemas de Vaso, Palmeta, Eje e

Ypsilon, con las variedades 'Flavorcrest' y 'Rubired', con una densidad de 729 árboles/ha; encontraron que el Ypsilon proporcionó el mayor porcentaje de fruta comer-

cial. En el presente ensayo fue el Ypsilon el que presentó el porcentaje más bajo de fruta comercial, debido probablemente a la mayor densidad de plantación.

Tabla 4. Porcentajes ponderados de la producción correspondientes a los diferentes intervalos de calibre (en mm) de los diferentes sistemas de formación y porcentajes no comercializables. Valores medios correspondientes al período 1997-2002

Table 4. Averages of yield by fruit size intervals (mm), and averages of yield corresponding to different peach training systems. Mean values obtained over 1997-2002 period

Sistema	<70 mm	70 - 75	75 - 80	80 - 85	>85mm	% comercial
Ypsilon	12,7 a	22,3	31,3	22,6 b	11,0 b	87,3
Eje	9,7 ab	20,3	29,6	25,7 ab	14,6 ab	90,3
Vaso	7,0 bc	17,3	27,7	30,6 a	17,3 ab	93,0
Doble Y	5,3 c	19,6	32,3	28,0 ab	14,6 ab	94,6
Palmeta	6,3 c	17,6	29,7	25,7 ab	20,7 a	93,7
Tatura	9,6 ab	18,3	27,6	24,6 ab	19,6 a	90,3

Valores con la misma letra en la columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Marini y Sowers (2000) observaron, con la variedad 'Norman', que a medida que se incrementaba la densidad de plantación disminuía el porcentaje de fruta comercializable. Marini et al. (1995), con la variedad 'Sweet Sue', obtuvieron mayores calibres con el sistema Vaso que con el Eje. En el presente ensayo el Vaso proporcionó los mejores calibres comerciales, constatándose que además de la densidad, tanto la forma del árbol como la carga son factores muy importantes a considerar sobre el tamaño del fruto.

Parámetros de calidad de los frutos

Los valores medios de firmeza, contenidos de azúcares solubles y acidez titulable, obtenidos a lo largo del período 1997-2002, no muestra diferencias significativas atribuibles al efecto del sistema de formación (datos no expuestos). Estos resultados son coincidentes a los expuestos por Hilaire y

Giauque (2002) que encontraron para el cultivar 'O'Henry' de 11-13° Brix y una acidez de 9-11 g/l, considerando a esta variedad de sabor equilibrado. De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo, únicamente en el año 2000, los sistemas Tatura, Ypsilon y Doble Y superaron este valor.

Eficiencia productiva o índice de productividad (I.P.)

Todos los años, a excepción de 1997, se dieron diferencias significativas entre sistemas en lo referido a eficiencia productiva. En general, fueron el Tatura, la Palmeta y el Vaso, los sistemas que alcanzaron los valores más altos de eficiencia; siendo inferior para el Doble Y. En cuanto a eficiencia productiva acumulada, el sistema Tatura fue el que presentó el valor más alto; mientras el Doble Y obtuvo el valor más bajo (tabla 5).

Tabla 5. Índice de productividad anual y acumulado (kg/cm^2) de diferentes sistemas de formación en melocotonero a lo largo del periodo 1997-2003

Table 5. Annual and cumulative yield efficiency (kg/cm^2) corresponding to different peach training systems over 1997-2003 period

Sistema	1997 3 ^{er} año	1998 4 ^o año	2000 6 ^o año	2001 7 ^o año	2002 8 ^o año	2003 9 ^o año	I.P. acumulado
Ypsilon	0,40	0,50 c	0,44 b	0,38 ab	0,38 bc	0,36 b	1,95 b
Eje	0,43	0,55 bc	0,43 b	0,37 ab	0,35 bc	0,35 b	1,91 b
Vaso	0,49	0,61 abc	0,52 b	0,40 ab	0,42 b	0,41 b	2,10 ab
DobleY	0,44	0,58 abc	0,51 b	0,35 b	0,33 c	0,33 b	1,78 b
Palmeta	0,44	0,64 ab	0,51 b	0,48 a	0,40 bc	0,39 b	2,10 ab
Tatura	0,47	0,69 a	0,64 a	0,47 a	0,54 a	0,51 a	2,32 a

Valores con la misma letra en la misma columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Los resultados obtenidos coinciden con los expuestos por Hutton *et al.* (1987) que observaron, con la variedad 'Yanco Queen', una mayor eficiencia productiva del Tatura con respecto a la Palmeta. Espada *et al.* (2000) evaluaron los sistemas de Vaso y Eje en las variedades 'Jesca', 'Calante', 'CA-8' y 'Evaisa' sobre GF-677 a una densidad de 277 y 555 árboles/ha, obteniendo una eficiencia productiva acumulada al octavo año de 1,32 kg/cm^2 para el Eje y de 1,41 para el Vaso, muy inferiores a los obtenidos en el presente ensayo.

Radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada

Respecto a la radiación interceptada, se han observado diferencias significativas entre sistemas, tal como se observa en la tabla 6, donde se han representado los porcentajes de luz interceptada (PAR) desde mayo a agosto del 2003.

El sistema de formación que interceptó el mayor porcentaje de radiación a las 10:00 am hora solar del mes de mayo, fue el Tatura, siendo el Ypsilon el que interceptó menos luz. Para los diferentes meses (mayo

a agosto) y de forma general se observa que a las 6:00 am hora solar, los sistemas que lograron interceptar/captar más radiación, fueron el Tatura, seguido del Eje y del Ypsilon; mientras que los de menor captación fueron el Vaso, el Doble Y y la Palmeta. A las 8:00 am hora solar de los meses de Junio, Julio y Agosto, los sistemas que presentaron el porcentaje más alto de radiación interceptada fueron el Tatura y el Ypsilon; en cambio la Palmeta presentó menos captación. A las 10:00 am hora solar, el sistema que también mostró más intercepción fue el Tatura, y el de menor el Eje y la Palmeta, obteniendo con el resto valores intermedios (tabla 6).

El promedio de las 10 lecturas realizadas desde mayo hasta agosto de 2003, pone de manifiesto que los sistemas que interceptaron mayor radiación fueron el Tatura con 82,8 %, el Ypsilon con 71,3 % y el Vaso con 70,8 %; mientras que los de menor captación de luz fueron el Doble Y, el Eje y la Palmeta (tabla 6).

Los valores porcentuales de radiación interceptada por los diferentes sistemas así como de la radiación directa incidente en tres horas (hora solar) de la mañana del día 6 de

agosto de 2003 (día soleado), se exponen en la figura 3, (ver figura 1 metodología). Se observa que fue también el Tatura el más efectivo, seguido por el Ypsilon; la menor interceptación correspondió a la Palmeta y al Eje. Dichos resultados son similares a los expuestos en la tabla 6 y muestran diferencias importantes entre sistemas, debidas a

diferencias en la distribución espacial (ocupación del espacio) de la copa de los mismos. Ello se ha traducido en capacidades de interceptación de radiación y consecuentemente en áreas de sombreado y eficiencias productivas muy diferentes, mayores en el caso de la Tatura, tal como se ha expuesto en la tabla 5.

Tabla 6. Porcentajes de luz interceptada por los diferentes sistemas de formación, en el período mayo-agosto de 2003 y a diferentes horas del día

Table 6. The effect of different peach training systems on light intercepted, over May-August 2003 period and at different day times

Sistema	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Promedio		
	10:00	6:00	8:00	10:00	6:00	8:00	10:00	6:00			
Ypsilon	49,1	77,3b	65,3b	58,4c	83,3ab	77,0b	71,6b	87,8ab	74,7b	68,4b	71,3 b
Eje	58,8	78,2b	61,6b	65,1b	83,7ab	71,5bc	66,8c	86,3bc	62,5c	60,9c	69,5 b
Vaso	56,0	73,5b	60,5bc	68,7b	76,6c	70,7c	69,2bc	86,9bc	76,1b	69,9b	70,8 b
DobleY	57,9	76,2b	63,7b	68,5b	77,6bc	72,1bc	71,8b	84,5cd	70,9b	70,6b	70,7 b
Palmeta	52,3	74,2b	56,0c	60,2c	80,8bc	64,1d	59,6d	82,4d	57,9c	59,6c	64,2 c
Tatura	63,1	84,5a	83,4a	75,3a	89,2a	85,9a	83,6a	90,6a	85,7a	81,9a	82,8 a

Valores con la misma letra en la columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

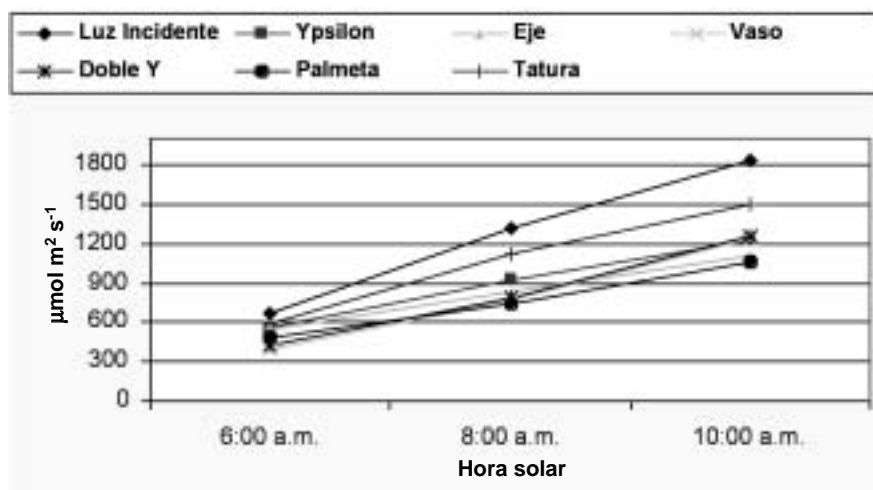


Figura 3. Efecto de diferentes sistemas de formación en los valores de luz interceptada ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) en tres horas del día, 6 agosto de 2003. Las barras verticales indican la LSD ($P \leq 0,05$) para cada fecha y para el promedio.

Figure 3. Values of light intercepted ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) affected by different peach training systems on three times of 6th August 2003. The vertical bars indicate the LSD ($P \leq 0,05$) for each date and for the average.

Grossman y DeJong 1998, reportaron que la cantidad de luz interceptada en melocotonero se incrementa a medida que avanza la temporada, debido al crecimiento en volumen de la copa del árbol. Papasergio (1996) y Reighard y Okie (2000) mencionan que el sistema de Tatura, en el sur de Italia, y las formas en V o Y, en el sureste de los Estados Unidos, fueron las que más radiación interceptaron. Dichos resultados coinciden con los expuestos en el presente ensayo, ya que efectivamente tanto el Tatura como el Ypsilon, fueron las formas con mayor interceptación, lo que estuvo relacionado un mayor cuajado de frutos (datos no mostrados) y una mejor calidad de los ramos mixtos (datos no expuestos).

Corelli et al. (2000) en melocotoneros de 5 años de la variedad 'Stark Red Gold' sobre patrón franco, estudiaron tres sistemas de formación: Palmeta (densidad 727 árboles/ha), Vaso retardado (densidad 545 árboles/ha) y Ypsilon (1274 árboles/ha). El sistema que captó más luz fue el Ypsilon (68-85 %), seguido por el Vaso retardado (48-58 %) y por la Palmeta (45- 55 %). En el presente ensayo, los sistemas se han comportado de forma similar, coincidiendo con el porcentaje captado por el Ypsilon; en cambio la Palmeta captó más luz de la que mencionan dichos investigadores, debido probablemente a la edad de los árboles o bien a su forma.

Incidencia de enfermedades

El sistema de formación influyó en la incidencia de las principales enfermedades, observándose diferencias significativas entre sistemas.

Daños por *Pseudomonas syringae*

El número de ramos mixtos y hojas dañados por *P. syringae* en abril de 2003, para

los diferentes sistemas, se expone en la tabla 7. En cuanto al número de ramos dañados por árbol, los sistemas que resultaron más afectados fueron el Tatura, el Vaso y el Ypsilon, en cambio los menos dañados fueron el Eje, la Palmeta y el Doble Y. Los daños más fuertes se concentraron en los ramos de la parte alta de los árboles, siendo el Tatura el sistema más afectado. Sin embargo a principios de mayo los daños desaparecieron, debido al desarrollo de los brotes y a las condiciones climáticas menos favorables; ya que en ese período aumentaron las temperaturas y disminuyó la humedad.

Hilaire y Giauque (2002) señalan en el valle del Rhône (Francia) la variedad de melocotón 'O'Henry'® como sensible a la bacteria *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. En el ensayo no se detectó la presencia de esta bacteria, pero si de *Pseudomonas syringae*; aunque con daños y síntomas no coincidentes con los mencionados por dichos investigadores.

Aulagnier (1996) menciona que las variedades 'Maycrest', 'Springlady' y 'Flavorgold' son sensibles a la bacteriosis originada por *Pseudomonas syringae* en la región frutícola Rhône-Alpes (Francia). En las variedades tempranas el daño fue mayor, debido a las bajas temperaturas y a la mayor humedad ambiental, que favorece el desarrollo de este patógeno. En 'O'Henry'® la sensibilidad fue menor, debido a que brota más tarde y las condiciones ambientales solamente favorecieron el ataque durante la primera semana de abril. En base a ello se deduce que la afección depende principalmente de la época de floración-inicio de vegetación de la variedad en cuestión y de las condiciones ambientales del año, especialmente humedad y temperatura.

Tabla 7. Número de ramos mixtos y hojas dañados por *Pseudomonas syringae* en la parte baja y alta según los diferentes sistemas de formación en melocotonero año 2003

Table 7. Number of shoots and leafs damaged by *Pseudomonas syringae* on the top and medium part of the tree affected by different peach training systems in 2003

Sistema	Número de ramos			Número de ramos afectados en:		
	Total	Parte baja	Parte alta	1 hoja	2 hojas	>3 hojas
Ypsilón	11 b	4 a	7 b	6 bc	4 b	1 ab
Eje	1 c	0 b	1 c	1 c	0 c	0 c
Vaso	12 b	4 a	8 b	8 ab	4 ab	1 ab
Doble Y	4 c	4 a	8 b	2 c	1 c	0 c
Palmeta	3 c	0 b	3 c	2 c	1 c	0 c
Tatura	20 a	3 a	17 a	11 a	6 a	3 a

Los valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Daños por *Taphrina deformans* (Burk)

La afección por esta enfermedad mostró diferencias estadísticas entre sistemas. En la tabla 8 se expone el número de ramos mixtos y hojas dañados por *Taphrina deformans* (Burk) en la primera semana de mayo del 2003, observándose una mayor afección en la parte alta de los árboles.

Por el número de ramos afectados, el sistema Tatura resultó el más dañado por este hongo, tanto en la parte alta como en la parte baja, siendo mayor el porcentaje de los síntomas para ramos que presentaron una hoja dañada. La incidencia de este hongo se vio favorecida por las precipitaciones que se presentaron en el mes de abril.

Tabla 8. Número de ramos mixtos y hojas afectados por *Taphrina deformans* Burk., en diferentes sistemas de formación en melocotonero, año 2003

Table 8. Number of shoots and leaves damaged by *Taphrina deformans* Burk., affected by different peach training systems in 2003

Sistema	Número de ramos			Número de ramos afectados en:			
	Total	Parte baja	Parte alta	1 hoja	2 hojas	3 hojas	>4 hojas
Ypsilón	19 b	4 bc	15 b	12 bc	5 b	1 b	1 b
Eje	3 b	1 c	2 b	2 c	1 b	0 b	0 b
Vaso	33 b	9 bc	24 b	24 b	7 b	2 b	0 b
Doble Y	9 b	19 b	22 b	13 bc	4 b	1 b	1 b
Palmeta	6 b	2 c	4 b	5 c	1 b	0 b	0 b
Tatura	149 a	41 a	108 a	46 a	28 a	28 a	47 a

Los valores seguidos de la misma letra en la columna no difieren significativamente, según el Test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

Aulagnier (1996) indica que las variedades de melocotón 'Maycrest', 'Springlady' y 'Flavorgold' en Vaso fueron muy susceptibles a *Taphrina deformans* (Burk), detectándose también diferencias entre sistemas. Los resultados obtenidos en el ensayo muestran que el Vaso presentó daños por este patógeno aunque menos intensos que los mencionados por este autor, al tratarse de diferente variedad y de diferentes condiciones climáticas.

Conclusiones

A partir de los resultados expuestos, pueden extraerse las siguientes conclusiones.

La densidad de plantación influyó significativamente en el vigor del árbol, estando éste relacionado con la densidad de plantación. Independientemente del sistema de formación a mayor densidad menor fue la sección transversal de tronco y viceversa.

La densidad de plantación determinó la rapidez de entrada en producción, observándose una relación directa entre la densidad de plantación y la producción obtenida por hectárea.

Los sistemas de mayor producción acumulada fueron el Eje y el Ypsilon, al disponer de mayor densidad de plantación. Sin embargo, el Tatura presentó mayor producción que la Palmeta a pesar de la menor densidad, debido a la mayor interceptación de radiación.

El sistema que presentó mayor eficiencia productiva acumulada fue el Tatura, seguido por el Vaso y la Palmeta; mientras los sistemas de mayor densidad el Ypsilon, el Eje y el Doble Y obtuvieron valores inferiores.

Los sistemas que interceptaron los mayores porcentajes de radiación fueron el Tatura, el Ypsilon y el Vaso, correspondiendo el menor

a la Palmeta. Sin embargo este sistema presentó una buena eficiencia productiva y buen calibre.

En cuanto a la calidad de los frutos, los sistemas que mostraron los mayores porcentajes de calibres comerciales fueron el Doble Y, la Palmeta y el Vaso; mientras que el Ypsilon, el Eje y el Tatura obtuvieron los valores más bajos.

El sistema de formación no afectó a los parámetros de calidad de los frutos: sólidos solubles, firmeza y acidez.

El sistema que presentó mayor incidencia de enfermedades fue el Tatura y los de menor daño fueron el Eje y la Palmeta. La forma y la densidad de los árboles según cada sistema, afectaron a la aplicación y eficiencia de los productos fitosanitarios.

Bibliografía

- Aulagnier M, 1996. Pêches label rouge de la Drome. Une analyse régionale des potentialités qualitatives. L'arboriculture Fruitière, 497: 34-41.
- Blanc P, Arregui M, 1999. Pêché de conserve. La pavier revue au gout du jour. L'arboriculture Fruitière, 533: 33-36.
- Carbó J, Iglesias I, 2002. Melocotonero. Las variedades de más interés. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Barcelona (España), 287 pp.
- Caruso T, Di Vaio C, Inglese P, Pace LS, 1998. Crop load and fruit quality distribution within canopy of 'Spring Lady' peach trees trained to 'Cental Leader' and 'Y shape'. Acta Horticulturae, 465: 621-628.
- Corelli L, Sansavini S, 1991. Forme di allevamento, efficienza degli impianti e qualità delle pesche. Rivista di Frutticoltura 6: 13-24.
- Corelli L, Ravaglia G, Magnanini E, 2000. Light conversion efficiency as affected by training

- system in peach. Dipartimento di Colture Arboree- Universita di Bologna (Italia).
- Delgado M, 1992. Pêcher taille et éclaircissage, un équilibre á trouver. *L'arboriculture Fruitière*, 446: 32-36.
- Delgado M, 2000. Technique pechers. Les formes semi-piétonnes ont la cote. *L'arboriculture Fruitière*, 534: 32-35.
- Espada CJL, Romero SJ, Segura GJ, 2000. Adaptación de clones seleccionados de melocotonero 'Calanda Tardío' al sistema de conducción en Eje Central. *Revista ITEA* 21: 159-162.
- Giauque P, 2003. Conduite du verger de pêcher. Recherche de la performance. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Ctifl), 90-91.
- Grossman YL, DeJong, T.M., 1998. Training and pruning system effects on vegetative growth Potential, light interception and cropping efficiency in peach trees. *Journal American Society of Horticultural Science*, 123 (6): 1058-1064.
- Hilaire C, Giauque P, 2002. Le pêcher. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Ctifl), 205-207.
- Hutton RJ, McFadyen M, Warwick JL, 1987. Relative productivity and yield efficiency of Canning peach trees in three intensive growing systems. *HortScience*, 22(4): 552-560.
- Marini RP, Sowers D, Marini MC, 1995. Tree Form and Heading at Planting affect peach tree yield and crop value. *HortScience*, 30(6): 1196-1201.
- Marini RP, Sowers DS, 2000. Peach fruit weight is influenced by crop density and fruiting shoot length but not position on the shoot. *Journal American Society of Horticultural Science*, 119 (2): 180-184.
- Papasergio R, 1996. La peschicoltura nella piana di Sibari. *Rivista di Frutticoltura*, 2: 51-53.
- Reighard GL, Okie WR, 2000. Current peach production practices including nex Training systems in the Southeastern, EEUU. pp.112-118. En: VI Simposium Internacional sobre frutales de clima templado, Cuauhtémoc, Chihuahua (México).
- Royo DJB, Martínez LT, 1992. Sistemas de formación en melocotonero. *Fruticultura Profesional*, 46: 22-31.
- SAS, 2002. SAS/STAT Guide for personal computers Versión 8.1. SAS Institute, Inc.:Cary. N.C.
- Sassella A, 1997. Influence de l'association variéte; porte-greffe et forme de conduite Sur le comportement du pecher au Tessin. *Revue Suisse Vitic. Arboric.*, 29(4): 197-202.
- Wünsche J, Lakso A, Robinson L, 1996. The bases of productivity in apple production systems: The role of light interception by different shoot types. *Journal American Society of Horticultural Science*, 121(5): 886-893.
- (Aceptado para publicación el ?? de ?? de 2006).

OJO falta fecha
de aceptación

El control fotobiológico de malas hierbas: revisión de una técnica controvertida

A. Cirujeda*, A. Taberner**

* Unidad de Sanidad Vegetal. CITA. Avda. Montañana 930 50080 Zaragoza, España.
acirujeda@aragon.es

** Servei de Sanitat Vegetal. Unitat de Malherbologia Avda. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, España.

Resumen

En el presente trabajo se realiza una revisión bibliográfica sobre una técnica preventiva de reducción de la nascencia de las malas hierbas. Esta técnica ha producido resultados controvertidos debido a la abundancia de datos contradictorios en las investigaciones. El control fotobiológico consiste en sembrar y realizar otras labores en oscuridad, o bien tapando los aperos con lonas opacas, evitando que las semillas de las malas hierbas reciban el estímulo de luz necesario para germinar. En el presente trabajo se describen primero algunos aspectos de la teoría de esta técnica. Para ello, se ha revisado la fisiología de la dependencia de luz para germinar en las semillas de malas hierbas, se describe cómo esta necesidad varía según las circunstancias y se revisan las interacciones que existen entre diferentes estímulos ambientales. Respecto a la aplicación de dicha técnica, se revisan, en segundo lugar, trabajos realizados en campo (sobre todo en el norte de Europa) y se detallan las especies de las que se ha obtenido una reducción de la germinación. Finalmente, se llega a unas conclusiones sobre la posible viabilidad de este sistema preventivo, del que se recalca su irregular eficacia difícilmente controlable, ya que está relacionada con la variabilidad de la sensibilidad entre las especies, con la humedad del suelo y con el régimen de temperaturas o aspectos de la propia fisiología de las semillas.

Palabras clave: luz, germinación, prevención

Summary

The photocontrol of weeds: a review on a controversial technique

This work presents a bibliographical review of a preventive technique to avoid weed emergence. This technique has produced contradictory results in different research work and is thus a controversial method. The photocontrol consists in sowing and doing other labour at night or covering the tools with a light-proof cover, avoiding that weed seeds receive the necessary light stimulus for germination. Firstly some theoretical aspects are described about the physiology of light dependence of weed seed germination, which is not a constant need, and the interactions between different environmental stimuli concerning light dependence. The second part is a review on the field work conducted mainly in Northern Europe and describes the weed species, whose emergence was reduced. Finally, some conclusions concerning the possible viability of this preventive technique are expressed. The main problem seems to be the irregular efficacy, which is difficult to control as it is related to the different light sensitivity between weed species influenced by soil moisture, temperature regime and aspects of the own seed physiology.

Key words: light, germination, prevention

Introducción

La sensibilidad por el medio ambiente y la aspiración a emplear técnicas agronómicas más respetuosas con el mismo han ido aumentando en las últimas décadas. En protección de cultivos se aboga por el control integrado, es decir, el uso planificado de métodos físicos, químicos y biológicos para controlar especies o poblaciones determinadas de malas hierbas (Powles y Matthews, 1996; Hatcher y Melander, 2003) siendo el uso de productos químicos sólo una medida más. También en el caso de la producción ecológica es necesario combinar diferentes técnicas preventivas con otras de acción directa sobre las hierbas, siguiendo la teoría de emplear "muchos pequeños martillos", descrita por Liebmann y Gallandt (1997) que propone combinar numerosos métodos de baja eficacia. La técnica que se expone a continuación podría servir como un componente de un programa integrado de control de malas hierbas (Milberg *et al.*, 1996), siempre con la intención de ser utilizado como un método preventivo en combinación con métodos de control culturales, mecánicos o químicos (Gerhards *et al.*, 1997; Juroszek *et al.*, 2002).

Los efectos de la luz en la germinación de las semillas son conocidos desde hace mucho. Sin embargo, su utilización con fines agronómicos ha comenzado a ser investigada desde hace muy poco, siendo el primer trabajo publicado sobre el fotocontrol el realizado por el investigador alemán Hartmann en 1990.

El fundamento del control fotobiológico se concreta en preparar el lecho de siembra y en sembrar en oscuridad, para que aquellas semillas de especies no deseadas que son trasladadas por los aperos a la superficie del suelo, pero que vuelven a quedar enterradas posteriormente, no reciban los instantes suficientes de luz que desencadenan la ger-

minación y no germinen. No obstante, en la siembra nocturna (o diurna, tapando los aperos con lonas que no permitan el paso de la luz) no cabe esperar una inhibición completa de la germinación, ya que por una parte habrá semillas de especies insensibles a la luz que germinarán, y por otra siempre quedarán semillas en capas superiores del suelo que recibirán luz posteriormente y que podrán germinar (Hartmann y Nezadal, 1990). El objetivo es reducir parcialmente la nascencia de las especies fotosensibles, teniendo en cuenta que probablemente será necesario tomar las medidas de control pertinentes en postemergencia.

Desde los años 90 se vienen realizando ensayos en campo para determinar el potencial del control fotobiológico de malas hierbas. Estos ensayos básicamente se han realizado en países del Norte de Europa. El primer trabajo fue publicado por Hartmann y Nezadal (1990), exponiendo sus experiencias de 7 años en Alemania. Siguieron publicaciones de otros equipos en el mismo país (Kühbauch *et al.*, 1992; Klümper *et al.*, 1996; Juroszek *et al.*, 2002); Spiess (1995), Niemann y Biller (1996) y de otros países: Diebauer (1992) en Suiza, Ascard (1993) en Suecia, Adamiak y Adamiak (2003) en Polonia y Scopel *et al.* (1994) en EEUU. Se ampliaron los estudios en campo realizando el último laboreo y la siembra de día, pero cubriendo los aperos con lonas opacas. Ascard (1993 y 1994), Scopel *et al.* (1994), Gerhards *et al.* (1997) y Welsh (1999) observaron reducciones en la densidad de hierbas germinadas en este mismo tipo de ensayos. Estos últimos autores también ensayaron si era posible reforzar el efecto, alumbrando el espacio de trabajo de los aperos de laboreo con luz roja oscura. Estos trabajos han sido complementados por otros que estudian la fotosensibilidad de las diferentes especies en ensayos de laboratorio: Jensen (1995), Milberg *et al.* (1996), Buhler (1997), Hart-

mann *et al.* (1998), Hartmann *et al.* (2003). La mayoría de trabajos que se encuentran en la presente década son de revisión, resumiendo aspectos determinados de los numerosos ensayos realizados en la década anterior (p.ej. Juroszek, 2002 y Juroszek y Gerhards, 2004).

Aparte de la esperada reducción de nascencia de las hierbas no deseadas, otro objetivo en el manejo de la siembra o labores en oscuridad es el de reducir su capacidad competitiva respecto al cultivo (Rasmussen, 2000 y Rasmussen, 2002). Éste podría ser también un objetivo del control fotobiológico, ya que, entre otros, Jensen (1992), Kühbauch *et al.* (1992) y Ascard (1994) encontraron un retraso de la germinación de las malas hierbas en parcelas sembradas de noche, lo cual puede dar una ventaja competitiva a cultivos de rápido desarrollo.

A diferencia de las malas hierbas si el cultivo se siembra en oscuridad, germinará. El control fotobiológico se basa en la distinta fotosensibilidad que tienen las semillas de algunas especies arvenses respecto a la que tienen las semillas de plantas cultivadas. Esto se debe a que la mayoría de cultivos han sido seleccionados y mejorados para tener una latencia menos evidente y la mayoría de ellos germinan independientemente de la luz (Gerhards *et al.*, 1997).

Otra posible aplicación del conocimiento de la necesidad de luz para germinar en determinadas especies podría ser la de estimular la nascencia de malas hierbas en las labores previas, desarrollándolas a plena luz. Sólo la última labor y la siembra se realizarían de noche (Hartmann y Nezadal, 1990). Otros autores proponen estimular la emergencia añadiendo luz adicional y controlando las plantas germinadas (Scopel *et al.*, 1994).

La luz y la germinación

A los citados ensayos de campo cabe añadir toda una serie de publicaciones complementarias a los ensayos de campo que describen el efecto de la luz sobre la germinación de determinadas especies de plantas, siendo *Lactuca sativa* y *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. las especies más estudiadas. Destacan, entre otros numerosos grupos, las aportaciones realizadas por el mismo equipo pionero alemán de la Universidad de Erlangen-Nürnberg (Hartmann, Mollwo, Tebbe y otros), las realizadas por el equipo de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) compuesto por Casal, Sánchez, Ballaré, Botto y otros; el equipo de la Universidad de Wageningen (Holanda) compuesto por Derkx, Karssen, Vleeshouwers, Bowmeester y otros; y el equipo del Laboratorio de Fotopercepción y Transducción de Señales en Wako City (Japón) compuesto por Shinomura, Nagatani y otros.

Muchos autores describen la fotodependencia en numerosas especies denominadas fotoblásticas (por ejemplo Jensen, 1992; Ascard, 1994). No obstante, pronto se descubrió que esta necesidad de luz para germinar varía entre especies. Deonder *et al.* (1978) observaron como, de un total de 250 especies analizadas, el 40% mostraba una dependencia absoluta de la luz para germinar, un 24% tenía una dependencia parcial y el 36% reaccionaba indiferente frente a la presencia de la luz.

Los aspectos que pueden causar estas diferencias entre especies pueden ser múltiples. Por un lado, Ascard (1994) y Taiz y Zeiger (1994) encontraron una tendencia a mayor sensibilidad a la luz en semillas pequeñas frente a mayores, confirmada también por Milberg *et al.*, 2000, a pesar de que alguna especie de semilla pequeña, como *Matricaria perforata*, no siguió el mismo patrón (Ascard, 1994) y de que no se encontraron

diferencias en otros trabajos de los mismos autores analizando hasta 44 especies de semillas distintas (Milberg *et al.*, 1996).

La complejidad de la dependencia de la luz queda reflejada también en el hecho que puede variar entre poblaciones de una misma especie (Milberg *et al.*, 1996) e incluso entre distintas semillas de una misma población, como lo describieron para *Matricaria inodora* L. Hartmann *et al.* (1997). También hay unanimidad en las publicaciones acerca de la variación estacional de la sensibilidad a la luz. Así, Baskin *et al.* (2002) describen como *Papaver rhoeas* L. sólo responde a la presencia de luz si las semillas previamente embebidas han pasado por un período de altas temperaturas que haya roto la latencia fisiológica.

El sistema del fitocromo en las semillas

Se considera que la mayoría de respuestas a la luz en semillas se desarrollan a través del sistema del fitocromo (Ballaré *et al.*, 1992). Los fitocromos son una familia de proteínas necesarias para el desarrollo vegetal que son sensibles a la luz roja y al rojo lejano (Furuya, 1989, citado por Reed *et al.*, 1994). La existencia de al menos cinco genes diferentes codificando para el fitocromo en *Arabidopsis thaliana*, especie muy utilizada para estudios en este tema, lleva a suponer que los miembros de la familia juegan diferentes papeles en la fotoregulación de la germinación de semillas (Shinomura, 1997). Estos cinco tipos de fitocromo son denominados A, B, C, D y E. No obstante, no se conocen los detalles de comportamiento de todos ellos y el fitocromo A es el miembro mejor caracterizado de entre la familia de fitocromos en angiospermas (Casal *et al.*, 1997).

El fitocromo es un fotoreceptor con dos formas foto-interconvertibles: la forma con un

máximo de absorción en el rojo (Pr) y la forma con el máximo en el rojo lejano (Pfr):

↖ Luz roja (654 nm)

Pr ↔ Pfr

↗ Luz en el rojo lejano (730 nm)

La irradiación con luz de día convierte Pr en Pfr (Vleeshouers *et al.*, 1995). La fotoconversión de Pr hacia Pfr promueve diversos procesos fisiológicos en la planta, entre ellos la germinación. Al revés, la germinación es anulada frecuentemente tras una exposición a la luz en el rojo lejano (Botto *et al.*, 1996). Los espectros de absorción de ambas formas, no obstante, se solapan en ambas franjas. Esto provoca que tras una irradiación con luz roja sólo se encuentre hasta un 85% de la forma normalmente considerada activa Pfr y no más (Salisbury y Ross, 1992; Taiz y Zeiger, 1994). Tras una irradiación con luz roja lejana el fitocromo se revierte a la forma Pr y se puede encontrar hasta 97% de Pr (Taiz y Zeiger, 1994).

La germinación y otros procesos en la planta muestran tres modos diferentes de respuesta regulados por el fitocromo: (a) la respuesta a flujo muy bajo (very-low-fluence response o VLFR) caracterizada por su saturación a flujos y concentraciones de Pfr extremadamente bajas. En este caso no es posible la reversión mediante luz roja lejana, ya que ésta por sí sola establece suficiente Pfr para inducir una proporción elevada de las respuestas VLFR. (b) La respuesta a flujo bajo (low-fluence-response o LFR) es la considerada clásica. Este tipo de respuesta se satura con flujos medios de luz roja y es reversible por luz en el rojo lejano aplicada inmediatamente tras el pulso de luz roja. Finalmente (c) las reacciones a irradiación alta (high-irradiance reaction o HIR) que no siguen la ley de reciprocidad, requieren irradiaciones prolongadas e inhiben la germinación (Botto *et al.*, 1995).

El sistema del fitocromo se basa en la proporción de las dos formas en equilibrio en las que se puede encontrar dicho pigmento. Una VLFR típica ocurre con una relación Pfr/Pr menor que 0,1% y la LFR a partir de Pfr/Pr = 1% (a menudo 30%-85%) (Botto *et al.*, 1995).

Investigaciones con mutantes de *A. thaliana* carentes de fitocromo A y/o B han permitido realizar comparaciones con biotipos normales. En esta especie se ha encontrado que el fitocromo A induce la germinación tras una irradiación con luz de extremado bajo flujo y en un rango de longitudes amplio (desde ultravioleta, visible hasta rojo lejano, entre 300 y 780 nm) sin posibilidad de reversión correspondiendo a una VLFR. El fitocromo B, en cambio, actúa en la reacción foto-reversible clásica respondiendo a luz roja y roja lejana con niveles de flujo (LFR) cuatro veces superior al anterior (Shinomura *et al.*, 1996 y Shinomura, 1997).

Botto *et al.* (1995 y 1996) concluyeron que las VLFR son respuestas inductivas de las que se encarga el fitocromo A. En campo, este fitocromo sería, pues, capaz de detectar pulsos de luz muy cortos como los que ocurren al realizar un laboreo. Además, permitiría la germinación posterior de especies arvenses en oscuridad siempre y cuando las condiciones hídricas sean favorables y el cultivo ha sido retirado y por tanto ya no les sombreo (Casal *et al.*, 1997; Casal y Sánchez, 1998).

El fitocromo B parece hacer una mayor aportación a la LFR que a la VLFR, aunque no sea el único fitocromo que interviene en la LFR (Botto *et al.*, 1995). Al ser capaz de detectar tanto luz roja no filtrada por las hojas como luz que ha sido filtrada por ellas sombreando el suelo, el fitocromo B probablemente se encargaría de detectar huecos de luz en la cubierta vegetal, estimulando la

germinación en estas situaciones (Casal *et al.*, 1997).

Shinomura *et al.* (1994) citado por Botto *et al.* (1995) dedujeron que la inducción de la germinación en *A. thaliana* está regulada principalmente por el fitocromo B y secundariamente por el fitocromo A. Los autores añaden que se puede tratar del fitocromo B o de otro(s) fitocromo(s) dependiendo de las condiciones. Poppe y Schäfer (1997) encontraron, utilizando mutantes de *A. thaliana* carentes de fitocromo A y B, que otro fitocromo de tipo LFR interviene en la germinación de las semillas aunque no pudieron determinar de qué otro fitocromo se trataba (C, D o E). El papel de cada uno de los fitocromos puede variar entre especies. Los resultados de Dixit y Amritphale (1996) con *Celosia argentea* L. apoyan su hipótesis que el fitocromo A es el principal fitocromo implicado en la fotoregulación de la germinación en esta especie.

Es más, estos resultados y los de otros autores (Milberg *et al.*, 1996; Bai *et al.*, 1996) indican que el tipo de respuestas a la luz puede ser LFR o VLFR en función de la especie. Casal *et al.* (1997) afirman que semillas de numerosas especies muestran una respuesta bifásica, es decir, que reaccionan positivamente con una VLFR y LFR. Ballaré *et al.* (1992) modificaron que varias especies pasan de tener respuestas de tipo LFR a VLFR tras un enterrado en el suelo de forma natural. También afirman que las VLFR son probablemente frecuentes en semillas que han estado durante cierto tiempo en el suelo.

Según las observaciones de Hartmann *et al.* (1998), la luz de la luna y la de las estrellas fotoestimulan al fitocromo A como una VLFR, siempre y cuando el fitocromo se encuentre en estado sensible.

La necesidad de luz, no obstante, puede ser sustituida por aportes exteriores de gibere-

lina u otras hormonas en determinadas especies (Salisbury y Ross, 1992; Hou y Simpson, 1993; Plummer *et al.*, 1995). Según el modelo fisiológico de la germinación de Hilhorst (1993) descrito por Vleeshouwers *et al.* (1995), el complejo fitocromo-receptor genera una señal que conduce a la síntesis de giberelinas, que es el último paso para estimular la germinación en condiciones naturales.

Variación estacional de la sensibilidad hacia la luz e interacción con otros factores ambientales

La aplicación del laboreo y siembra en oscuridad para una reducción de la germinación de las especies no deseadas se enfrenta con una gran complejidad en la fotosensibilidad de las semillas. Incluso impulsos tan sutiles como las duraciones relativas de día y noche durante la maduración de las semillas influyen en la fotolatenia de algunas especies, siendo inducida normalmente por días largos (Salisbury y Ross, 1992). En *Avena fatua*, Hou y Simpson (1993) la humedad ambiental tras la cosecha de las semillas maduras de *Avena fatua* condiciona la respuesta al estímulo de luz roja. También la edad de las semillas altera su estado de latencia (Bai *et al.*, 1996).

Así, la fotosensibilidad no sólo difiere entre especies sino que las semillas también pueden modificarla según las condiciones ambientales, como, por ejemplo, tras breves períodos de calor o frío (Hartmann y Mollwo, 2002). Esto es debido a que las semillas ajustan continuamente sus niveles de latencia a las condiciones ambientales estacionales (Vleeshouwers *et al.*, 1995). Derkx y Karsen (1994) encontraron variabilidad en la sensibilidad frente a la luz en *A. thaliana*, y también Ballaré *et al.* (1992) piensan que las necesidades de luz para germinar fluctúan estacionalmente durante el enterrado en el

suelo. Incluso la magnitud de la LFR y de la VLFR varía estacionalmente, estando también influenciadas por la profundidad en el perfil y por la cubierta del suelo (Derkx y Karsen, 1993, citados por Botto *et al.*, 1995).

Entre los diferentes factores que influyen en las variaciones de la sensibilidad hacia la luz se encuentran la temperatura, humedad y presencia de nitratos, entre otros. Vincent y Roberts (1977) estudiaron las fluctuaciones de temperatura y en la presencia de iones de nitrato en relación con la presencia o ausencia de luz y concluyeron que la acción de estos factores es muy compleja y raras veces uno de ellos llega a estimular la germinación independientemente de los demás. Vleeshouwers *et al.* (1995) citan los estudios de Derkx y Karsen (1993) que describen como la sensibilidad de las semillas de *Sisymbrium officinale* a la luz y los nitratos aumentaba cuando la latencia era interrumpida, pero era menor cuando ésta era inducida. En este caso los cambios en latencia ocurrieron aún en condiciones de absoluta oscuridad y sin correlación con cambios en el contenido endógeno de nitratos (Vleeshouwers *et al.*, 1995, citan a Derkx y Karsen, 1993).

Por otro lado, Derkx y Karsen (1994) no encontraron una influencia de los nitratos en la germinación de *A. thaliana*. Juroszek *et al.* (2002) relacionaron los niveles de temperatura, humedad, nivel de nitratos en el suelo y pluviometría antes y después de realizar la siembra de 23 ensayos en los que se compararon la densidad de malas hierbas en siembra realizada en oscuridad con la siembra realizada de día. A pesar de detectar reducciones notables de germinación, no se encontraron relaciones entre los factores ambientales y el grado de reducción de la germinación de las malas hierbas. Queda, pues, manifiesta la complejidad de las interacciones entre la necesidad de luz y otros factores ambientales.

Algunos de los factores ambientales parecen poder sustituir la necesidad de luz para inducir la germinación. Por ejemplo, una temperatura invernal baja puede disminuir la intensidad de luz necesaria para la germinación de *Sisymbrium officinale* (Vleeshouers et al., 1995, citan a Derkx y Karssen, 1993). Esta observación coincide con la de Kristie y Fielding (1994) que describieron cuantitativamente en *Lactuca sativa* cv. 'Grand Rapids' como el nivel de Pfr necesario para germinar aumentaba conforme la temperatura subía. También Salisbury y Ross (1992) explican como la alternancia de temperaturas entre 15 °C y 25 °C en *Poa pratensis* sustituyeron la fotodependencia. Hartmann y Mollwo (2000) pudieron insensibilizar y sensibilizar semillas de *L. sativa* a la luz con diversos tratamientos de exposición a nitratos y agua a temperaturas elevadas o bajas, respectivamente, y demostraron que los cambios de sensibilidad pueden ser muy rápidos.

Referente a la presencia de agua, numerosos autores afirman que la posibilidad de conversión de la forma Pr a la Pfr depende de la hidratación del fitocromo (Bai et al., 1996; Gallagher y Cardina, 1997) así que es necesaria la imbibición de la semilla para poder reaccionar frente al estímulo de la luz. Además, Dixit y Amritphale (1996) sugieren que la síntesis de fitocromo se realiza durante el período de imbibición en oscuridad. La duración de la imbibición depende de la especie, siendo necesarias en *Artemisia frigida* por lo menos ocho horas (Bai et al., 1996). Para *Amaranthus retroflexus* L., en cambio, las semillas embibidas más de 12 horas no aumentan su capacidad germinativa con luz roja y sí lo hacen cuando son irradiadas menos tiempo, especialmente entre 4 y 5 horas con la misma luz (Pita y Durán, 1986).

Gallagher y Cardina (1997) también afirman que la fotoinducción de la germinación en semillas de *Amaranthus retroflexus*

L. está afectada por el potencial hídrico del suelo. Encontraron tasas de germinación más elevadas bajo mayores potenciales hídricos. No obstante, no se encontró una inhibición de la germinación completa en esta especie en el tratamiento de sequía previo a la exposición a la luz. En otros experimentos descritos por los mismos autores encontraron que la fotoinducción de la germinación en estas semillas fue menos sensible al estrés hídrico que en semillas frescas embibidas. Es decir, las semillas frescas necesitan antes agua que luz. Ascard (1994) cita a Bouwmeester y Karssen (1989), los cuales afirman que la desecación de semillas embibidas en oscuridad induce una independencia a la luz. Ascard (1994) también comenta que el cultivo y siembra en oscuridad realizados sobre suelos secos apenas han llevado a reducciones de nascencia de malas hierbas.

Todas estas interacciones pueden tener importantes efectos en la práctica. Así, Hartmann et al. (2003) encontraron que el suelo guarda el fotoestímulo en su "memoria" durante diferentes períodos de tiempo según la temperatura, siendo probablemente el efecto más persistente al realizar el laboreo o siembra nocturna en invierno que si se realiza en verano. Otra implicación práctica es que un suelo seco existen menos posibilidades de que el fotocontrol sea efectivo, como han demostrado Juroszek y Gerhards (2004) en varios trabajos.

Ecología de la fotodependencia

Los mecanismos de fotodependencia de la germinación y sus complejas interacciones tienen, sin duda, una utilidad para las semillas. Según Vleeshouers et al. (1995) la latencia innata previene la germinación en períodos con condiciones favorables para la germinación, pero en una época del año en la que se puede esperar que la planta origi-

nada de la semilla no sobreviva o no produzca descendencia. Bajo condiciones desfavorables faltarán los factores estimulantes de la germinación y la semilla no germinará, independientemente de su estado de latencia.

La existencia de al menos dos sistemas diferentes para captar la luz en un amplio espectro de longitudes de onda parece redundante. No obstante, es crucial para el desarrollo y reproducción vegetal asegurar que el período de germinación y crecimiento sean los óptimos. Parece ser, pues, que el sistema de los dos tipos de fitocromos aumenta la supervivencia en ambientes fluctuantes (Shinomura, 1997).

Según Casal *et al.* (1997) el fitocromo A extrae la siguiente información de las señales de luz: a) una exposición breve a luz solar indica que ha habido laboreo del suelo y probablemente no queden plantas en la proximidad, b) cualquier exposición a la luz (el fitocromo A reacciona en un espectro de longitudes de onda muy amplio) da información respecto a la posición de la semilla en el suelo, probablemente cerca de la superficie.

También Vleeshouers *et al.* (1995) afirman que la calidad y cantidad de luz contribuyen a que las semillas detecten su profundidad de enterrado y la ausencia de competidores en su proximidad. Estos autores añaden que otros factores principales que permiten esta sensibilidad son temperaturas alternantes y nitratos, siendo todos ellos factores estimulantes de la germinación.

Por otro lado, las semillas expuestas a irradiaciones prolongadas (HIR) expresan una reacción inversa a las LFR y VLFR (Botto *et al.*, 1995). Así, las semillas que queden en la superficie tras el laboreo probablemente no germinarán, protegiéndolas de un posible desecado debido al exceso de radiación y calor.

Se trata, pues, de un sistema complejo, en el que las semillas de las hierbas son capaces de reconocer estímulos externos para protegerse de condiciones adversas y para aprovechar las que le sean favorables.

Resultados de la siembra en oscuridad realizados en campo

La variabilidad de los resultados descritos en la literatura son un reflejo de las complejas interacciones entre distintos factores ambientales que condicionan la fotosensibilidad. También demuestran los diferentes niveles de sensibilidad que existen entre especies y, por tanto, los resultados de ensayos en los que dominan semillas de especies más fotosensibles son más favorables. Cuando se realizaron ensayos desglosando el efecto del fotocontrol para cada especie, se encontraron resultados a veces coincidentes pero, también a menudo, opuestos. Las eficacias de control son desde sorprendentemente favorables, con reducciones hasta 100% (Scopel *et al.*, 1994; Gerhards *et al.*, 1997; Hartmann y Nežadal, 1990; Juroszek *et al.*, 2002), hasta ensayos en los que incluso había mayor germinación en las parcelas labradas y sembradas en oscuridad (Juroszek *et al.*, 2002).

No obstante, hay especies cuya nascencia ha sido muy frecuentemente reducida por el laboreo y siembra en oscuridad en los ensayos publicados como *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Matricaria* spp., *Lamium amplexicaule* y/o *L. purpureum*, *Sonchus* spp. y *Veronica arvensis* o *V. persicaria* o *V. hederifolia* (tabla 1).

También se han observado reducciones en la germinación debido a la realización de tareas de laboreo del suelo y siembra nocturna en otras especies, pero con menor frecuencia que las anteriores, como lo son: *Sinapis arvensis* (Jensen, 1992), *Myosotis*

Tabla 1. Resumen de las especies que han mostrado una reducción en su nascencia en la mayoría de los ensayos realizados. N.d.: no se presentan valores numéricos en la comunicación
 Table 1. Summary of the species, which have shown a reduced emergence in most of the trials. N.d.: no numeric data are presented in that communication

Especie	Autor	Reducción (%)
<i>Chenopodium album</i>	Jensen, 1992	24
	Ascard, 1994;	22
	Niemann, 1996	52
	Gerhards <i>et al.</i> , 1997	n.d.
	Welsh <i>et al.</i> , 1999	70
	Juroszek <i>et al.</i> , 2002	8
<i>Stellaria media</i>	Jensen, 1992	27
	Ascard, 1994	77
	Scopel <i>et al.</i> , 1994	60**
	Spiess, 1995	51
	Welsh <i>et al.</i> , 1999	n.d.
Juroszek <i>et al.</i> , 2002	80	
<i>Matricaria</i> spp.	Hartmann y Nezadal, 1990	100
	Ascard, 1994	16
	Niemann, 1996	15
	Juroszek <i>et al.</i> , 2002	31
	Adamiak y Adamiak, 2003),	77
<i>Lamium amplexicaule</i> y/o <i>L. purpureum</i>	Hartmann y Nezadal, 1990	100
	Scopel <i>et al.</i> , 1994	60*
	Ascard, 1994	14**
	Niemann, 1996	86
<i>Sonchus</i> spp.	Scopel <i>et al.</i> , 1994	60*
	Gerhards <i>et al.</i> , 1997	40
<i>Veronica arvensis</i> o <i>V. persicaria</i> o <i>V. hederifolia</i>	Hartmann y Nezadal, 1990	97
	Jensen, 1992	30
	Ascard, 1994	14**
	Scopel <i>et al.</i> , 1994	60*
	Niemann, 1996	88
Juroszek <i>et al.</i> , 2002	29	

*: la reducción refiere al total de una población mixta de *L. purpureum*, *Sonchus* spp., *Cerastium vulgatum*, *Veronica* spp., *S. media* y *P. annua* y fue de 60%.

** la reducción se refiere al total de una población mixta de *V. hederifolia*, *Thlaspi arvense* y *L. purpureum* y fue del 14%.

arvensis (Jensen, 1992; Niemann, 1996), *Fumaria officinalis* (Gerhards *et al.*, 1997), *Papaver rhoeas* (Niemann, 1996) *Amaranthus retroflexus*, *Solanum* spp. y *Alopecurus myosuroides* (Niemann, 1996; Welsh *et al.*, 1999; Juroszek *et al.*, 2002).

De algunas especies, que estaban presentes en menos ensayos, se dispone de resultados contradictorios, con respuesta a la luz en algunos ensayos pero no en otros: *Poa annua* (Scopel *et al.*, 1994; Niemann, 1996; Adamiak y Adamiak, 2003), *Thlaspi arvense*

(Hartmann y Nezadal, 1990; Ascard, 1994; Spiess, 1995) y *Viola arvensis* (Ascard, 1994; Niemann, 1996; Adamiak y Adamiak, 2003).

Especies de las que parece que sea poco probable esperar reducciones en su nascencia son: *Polygonum convolvulus* (Jensen, 1992; Gerhards et al., 1997; Juroszek et al., 2002), *Galium aparine*, Strunk et al. (1995), a pesar de que en algunos ensayos haya reducido parcialmente su germinación (Juroszek et al., 2002), las gramíneas anuales como *Setaria viridis*, *S. faberii* y *S. pumila* así como *Echinochloa crus-galli* (Buhler, 1997) y especies de multiplicación vegetativa como *Cirsium arvense* (Gerhards et al., 1997).

Buhler (1997) y Scopel et al. (1994), en Estados Unidos, incluyeron en sus ensayos especies que normalmente germinan en primavera y verano. Así, Buhler (1997) encontró reducciones en la germinación de *C. album*, *Solanum ptycanthum*, *Polygonum pensylvanicum* y en *Amaranthus* spp. debido al laboreo nocturno. También Scopel et al. (1994) encontraron reducciones de hasta cinco veces sobre la germinación de *Amaranthus retroflexus* y *Solanum* spp. Otras especies de tamaño de semilla mayor (*Xanthium strumarium*, *Abutilon theophrasti*), en cambio, no mostraron reducciones en la germinación. No obstante, no se dispone de más datos sobre estas especies, por lo que la eficacia del control fotobiológico debe seguir siendo estudiada.

En cuanto a la cuantía de reducción, en ocasiones fue suficiente para mantener la densidad de malas hierbas a un nivel inferior al umbral de tolerancia (Gerhards et al., 1997). Según la revisión realizada por Juroszek y Gerhards (2004) la reducción debido al laboreo o siembra nocturnas, si ocurre, suele situarse en cerca de un 30%, por lo que cabe tener en cuenta que se trata de un método preventivo que debe ser combinado con otras técnicas de manejo o control.

Aparte de realizar la siembra en oscuridad se deben tener en cuenta otros aspectos agronómicos que afectarán la eficacia del método, como la capacidad competitiva del cultivo, la época de siembra, las labores realizadas, etc. Por ejemplo, Gerhards et al. (1997) contabilizaron reducciones de 18% hasta 80% según el campo y la época de siembra, siendo los cereales de primavera los más favorecidos por la técnica. Esto es debido a que su rápido crecimiento los hace más competitivos, de manera que en estos casos no fue necesaria ninguna otra técnica de control. También encontraron que germinaron menos semillas tras un laboreo profundo que tras uno superficial. En el caso de Hartmann y Nezadal (1990), que realizaron ensayos durante 7 años consecutivos sobre una superficie en barbecho, no fue necesario utilizar herbicidas durante este período.

La penetración de la luz en el suelo

Niemann (1996) cree que las discrepancias entre especies en los diferentes ensayos pueden ser debidas a la profundidad desde la que germinan las diferentes semillas. Observaron que una especie de semilla mediana (*Veronica hederifolia*) germinaba desde capas superiores del suelo cuando éste había sido movido de noche. En los suelos que fueron labrados de día, en cambio, las plantas germinaron también desde capas inferiores. Probablemente, en el tratamiento de laboreo en oscuridad, las semillas sólo germinaron desde aquellas capas que recibieron luz aunque serían capaces de hacerlos desde capas inferiores si hubiesen recibido el estímulo necesario.

Para poder contar con una reducción de la germinación de las especies arvenses debido al laboreo y a la siembra en oscuridad es necesario, por un lado, que las semillas se encuentren en un estadio de fotodepen-

dencia para germinar. Por otra parte, es necesario que la luz no llegue a penetrar hasta la posición en la que han quedado las semillas aunque hayan sido subidas a la superficie por los aperos pero queden enterradas de nuevo. Según Wooley y Stoller (1978) es posible, por lo general, que la luz desencadene una germinación hasta los 2 mm de profundidad. Sin embargo, esto dependerá de las especies. Hartmann y Nezadal (1990) dedujeron que la mayoría de las semillas de malas hierbas en un campo de cultivo no son fotoestimuladas por la luz que penetre menos de 1 cm en el suelo. Parece que la causa principal de la germinación está en las exposiciones cortas y repetidas que ocurren durante el laboreo de día. No obstante, esto no significa que las semillas enterradas a más de 1 cm de profundidad ya no germinen, ya que existen necesidades de Pfr en la última fase de la germinación que pueden ser satisfechas por VLFR si las semillas están suficientemente cerca de la superficie del suelo.

El laboreo y siembra en oscuridad afectarán, pues, a aquellas semillas que muestren fotodependencia a la luz en ese momento y que después de la siembra hayan quedado a mayor profundidad de 1 cm, impidiendo su germinación. Las semillas que queden en superficie tras el laboreo probablemente no germinarán, ya que expresan una reacción inversa a las LFR y VLFR (Botto *et al.*, 1995).

Conclusiones: viabilidad del control fotobiológico

Según los resultados de los ensayos de numerosos investigadores existe una gran variabilidad en la fotosensibilidad entre especies, localidades y años. El primer factor a considerar, por lo tanto, es la composición del banco de semillas del campo a controlar. En función de las especies cabrá esperar, de

entrada, una cierta reacción al tratamiento o no. El segundo aspecto a considerar es que la necesidad de luz para germinar varía mucho debido a factores internos de las semillas (según su origen, su edad, etc.) y debido a factores externos como son las fluctuaciones de temperatura, humedad, presencia de nitratos, etc. de difícil control por parte del agricultor.

Por ello, la siembra o laboreo realizados en oscuridad pueden comportar reducciones de germinación desde insignificantes hasta muy importantes, según el estado de fotosensibilidad en el que se encuentren las semillas. Se trata, pues, de un método de control de malas hierbas con efectos muy dependientes de las condiciones ambientales y, de momento, poco previsible.

Basándonos en la literatura consultada los mejores resultados se pueden obtener en suelos húmedos con un contenido en nitratos bajo y una alta proporción de especies de semilla pequeña (Ascard *et al.*, 1994; Juroszek y Gerhards, 2004). Parece ser que en condiciones de sequía, por ejemplo, será poco probable que la ausencia de luz sea clave para inhibir la germinación.

Otro aspecto a tener en cuenta es que incluso si se obtuvieran grandes reducciones en la germinación, el banco de semillas no se reduciría, ya que las semillas no germinadas siguen en el suelo. La ventaja del fotocontrol radicaría en que el banco no aumenta con nuevas semillas descendientes de éstas. Como comentan diversos autores, el control fotobiológico, igual que cualquier otra estrategia de control se debe combinar y/o alternar con otras técnicas con el fin de no provocar una selección en el banco de semillas.

El coste de sembrar o realizar las labores en oscuridad recubriendo los aperos con lonas es muy reducido y se han obtenido resultados equivalentes a realizar estas operaciones en oscuridad. Por ello, puede ser recomen-

dable utilizar esta técnica en agricultura ecológica, ya que se deben utilizar todas las posibilidades existentes para sumar un efecto de control aceptable sobre las malas hierbas. La posibilidad de que germinen más malas hierbas por el momento no tiene base científica por lo que cabe esperar que realizando esta técnica germinen un número igual o inferior de plantas.

Agradecimientos

Los autores agraden la amable colaboración del Dr. Peter Juroszek y al Prof. Dr. Karl Hartmann por proporcionar la bibliografía editada en revistas de divulgación nacional.

Bibliografía

- Adamiak E, Adamiak J, 2003. Photobiologische Verunkrautungsregulierung im Winterweizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, 294-295.
- Ascard J, 1993. Soil cultivation in daylight with a light-proof cover on the harrow reduced weed emergence. Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control, Dijon, France, 211-214.
- Ascard J, 1994. Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. Acta Horticulturae 372, 167-177.
- Bai Y, Romo JT, Hou J, 1996. Phytochrome action in seed germination of fringed sage (*Artemisia frigida*). Weed Science 44, 109-113.
- Ballaré CL, Scopel A, Sánchez RA, Radosevich S.R., 1992. Photomorphogenetic processes in the agricultural environment. Photochemistry and Photobiology, 56 (5), 777-788.
- Baskin CC, Milberg P, Andersson L, Baskin JM, 2002. Non-deep simple morphological dormancy in seeds of the weedy facultative winter annual *Papaver rhoeas*. Weed Research 42, 194-202.
- Botto JF, Sánchez A, Casal JJ, 1995. Role of phytochrome B in the induction of seed germination by light in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol., 146, 307-312.
- Botto JF, Sánchez RA, Whitelam GC, Casal JJ, 1996. Phytochrome A mediates the promotion of seed germination by very low fluences of light and canopy shade light on *Arabidopsis*. Plant Physiol., 110, 439-444.
- Buhler, 1997. Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. Weed Technology 11, 496-501.
- Casal JJ, Sánchez RA, Yanovsky MJ, 1997. The function of phytochrome A. Plant, Cell and Environment, 20, 813-819.
- Casal JJ, Sánchez RA, 1998. Phytochromes and seed germination. Seed Sci. Res. 8, 317-329.
- Derx MPM, Karssen CM, 1994. Are seasonal dormancy patterns in *Arabidopsis thaliana* regulated by changes in seed sensitivity to light, nitrate and gibberelin? Annals of Botany, 73 (2), 129-136.
- Dixit S, Amritphale D., 1996. Very low fluence and low fluence response in the induction and inhibition of seed germination in *Celosia argentea*. Seed Science Research, 6 (2), 43-48.
- Gallagher RS, Cardina J, 1997. Soil water thresholds for photoinduction of redroot pigweed. Weed Science, 45, 414-418.
- Gerhards R, Kühbauch W, Juroszek P, 1997. Tiefengrubber, Scheibenegge und zwei Krümelwalzen. Lichtlose Bodenbearbeitung reduziert Unkrautwuchs. Mitteilungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 4, 14-16.
- Hartmann KM, Goetz S, Market R, Kaufmann T, Schneider K, 2003. Photocontrol of weed germination: Lightless tillage and variable memory of the seedbank. Aspects of Applied Biology 69, 237-246.
- Hartmann KM, Mollwo A, 2002. The action spectrum for maximal photosensitivity of germination and significance for lightless tillage. 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control, Pisa, Italy, 70-78.

- Hartmann KM, Mollwo A, 2000. Photocontrol of germination: sensitivity shift over eight decades within one week. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII, 125-131.
- Hartmann KM, Mollwo A, Tebbe A, 1998. Photocontrol of germination by moon- and starlight. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVI 119-127.
- Hartmann KM, Krooss C, Mollwo A, 1997. Phytochrome-mediated photocontrol of the germination of the scentless mayweed, *Matricaria inodora* L. and its sensibilization by nitrate and temperature. J. Photochem. Photobiol. 40, 240-252.
- Hartmann KM, Nezadal W, 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwissenschaften, 77, 158-163.
- Hatcher PE, Melander B, 2003. Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. Weed Research 43, 303-322.
- Hou JQ, Simpson GM, 1993. Germination response to phytochrome depends on specific dormancy states in wild oat (*Avena fatua*). Can. J. Bot., 71, 1528-1532.
- Jensen PK, 1992. First Danish experiences with photocontrol of weeds. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIII, 631-636.
- Jensen PK, 1995. Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. Ann. appl. Biol. 127, 561-571.
- Juroszek P, Gerhards R, Kühbauch W, 2002. Photobiologische Unkrautregulierung annualer Ackerunkräuter. J. Agronomy & Crop Science 188, 389-397.
- Juroszek P, Gerhards R, 2004. Photocontrol of weeds. J. Agronomy & Crop Science 190 (6), 402-415.
- Klümper H, Gerhards R, Kühbauch W, 1996. Einfluss des Lichtes auf die Keimung von Unkrautsamen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. X, 1-7.
- Kristie DN, Fielding A, 1994. Influence of temperature on the Pfr level required for germination in lettuce cv. Grand Rapids. Seed Science Research, 4 (1), 19-25.
- Kühbauch W, Gerhards R, Klümper H, 1992. Unkräuter durch nächtliche Bodenbearbeitung bekämpfen? Pflanzenschutz-Praxis 1, 13-15.
- Liebman M, Gallandt ER, 1997. Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. En: Ecology in Agriculture. L.E. Jackson (Ed.), 291-343. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Milberg P, Andersson L, Noronha A, 1996. Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. J. of Applied Ecology, 33, 1469-1478.
- Milberg P., Andersson L., Thomson K., 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. Seed Sci. Res. 10, 99-104.
- Niemann P, 1996. Unkrautbekämpfung durch Lichtausschluss während der Bodenbearbeitung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XV, 315-324.
- Niemann P, Biller RH, 1996. Eine geeignete Technik zur Umsetzung der photobiologischen Bekämpfung annualer Unkräuter. Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutzd. 48 (11), 229-233.
- Pita JM, Durán JM, 1986. Germinación en el género *Amaranthus* L.: II. Papel del fitocromo en *A. retroflexus* L. ITEA 63, 61-69.
- Plummer JA, McChesney CJ, Bell DT, 1997. Germination in photosensitive seeds: does phytochrome stimulate metabolism of GA₁₉ and GA₂₀ to GA₁? Aust. J. Plant Physiol., 24, 389-394.
- Poppe C, Schäfer E, 1997. Seed germination of *Arabidopsis thaliana* phyA/phyB double mutants is under phytochrome control. Plant Physiol. 114, 1487-1492.
- Powles SB, Matthews JM, 1996. Integrated weed management for the control of herbicide resistant annual ryegrass (*Lolium rigidum*). Proceedings of the Second International

- Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 1-7.
- Rasmussen K, 2002. Influence of liquid manure application method on weed control in spring cereals. *Weed Research* 42, 287-298.
- Rasmussen K, 2000. Can slurry injection improve the selectivity of weed harrowing in cereals? Proceedings of the 4th reunión del Grupo de Trabajo EWRS sobre Control de Malas Hierbas con Métodos Físicos y Culturales, Elspeet, Países Bajos, 33-34.
- Reed JW, Nagatani A, Elich TD, Fagan M, Chory J, 1994. Phytochrome A and phytochrome B have overlapping but distinct functions in *Arabidopsis* development. *Plant Physiol.*, 104, 1139-1149.
- Salisbury FB, Ross CW, 1992. Photomorphogenesis, pp. 438-463. En: *Plant Physiology*. N.G. Philip (Ed.), 540 pp. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California (EEUU).
- Scopel AL, Ballaré CL, Radosevich SR, 1994. Photostimulation of seed germination during soil tillage. *New Phytologist*, 126 (1), 145-152.
- Shinomura T, 1997. Phytochrome regulation of seed germination. *Journal of Plant Research*, 110 (1097), 151-161.
- Shinomura T, Nagatani A, Hanzawa H, Kubota M, Watanabe M, Furuya M, 1996. Action spectra for phytochrome A- and B-specific photoinduction of seed germination in *Arabidopsis thaliana*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 93 (15), 8129-8133.
- Spiess H, 1995. Zur Praxisrelevanz der photobiologischen Unkrautregulierung. Beitr. 3. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Kiel, 73-76.
- Strunk H-B, Schliephake U, Trautz D, 1995. Photobiologische Beikrantregulierung in Mais-Beitr. 3 Wiss.-Tagung Ökol-Landbau, Kiel, Alemania, 289-292.
- Taiz L, Zeiger E, 1994. Phytochrome and Photomorphogenesis. En: *Plant Physiology*, 690 pp. Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., Redwood City, California, EEUU.
- Vincent EM, Roberts EH, 1977. The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Science and Technology* 5, 659-670.
- Vleeshouers LM, Bowmeester HJ, Karssen CM, 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83, 1031-1037.
- Welsh JP, Phillips L, Bulson HAJ, Wolfe M, 1999. Weed control strategies for organic cereal crops. The 1999 Brighton Conference – Weeds, 945-950.
- Wesson G, Wareing PF, 1969. The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. *J. Exp. Bot*, 2, 402-413.
- Wooley & Stoller, 1978. Light penetration and light-induced seed germination in soil. *Plant Physiology* 61, 597-600.

(Aceptado para publicación el 6 de junio de 2005).

Análisis del progreso genético obtenido en el esquema de selección de la raza ovina manchega

J.J. Jurado*, M. Serrano*, M^a D. Pérez-Guzmán**

*Dpto. de Mejora Genética Animal y Biotecnología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Carretera de La Coruña, Km. 7,00. 28040 Madrid, España.

e-mail: jurado@inia.es, malena@inia.es

**Centro Regional de Selección y Reproducción Animal (CERSYRA). Avda. del vino 2. 13300 Valdepeñas. Ciudad Real, e-mail: mdperez@jccm.es

Resumen

Tras varios años de funcionamiento se analiza con detalle la tendencia genética anual obtenida en el Esquema de Selección genética de la raza ovina Manchega. Dicha tendencia ($0,818 \pm 0,057$ litros/año) presenta un valor inferior al de otras razas españolas y supone solo un 0,84% de la media fenotípica.

Las razones de este bajo valor es, en parte, achacable a los animales con genealogía desconocida. La descomposición de la tendencia genética en partes atribuibles a las vías de selección genética muestra que la vía padre de sementales no tiene apenas relevancia en la tendencia total, mientras que la vía madres de sementales es responsable del 60% de la misma. Se puede concluir que es la vía "padres de sementales" la responsable de la baja tendencia total ya que los sementales testados en los primeros años eran de calidad genética no muy elevada por tener padres poco selectos (no así sus madres, que sí presentaban un alto valor genético). El problema esta resuelto en la actualidad, ya que se exigen a los candidatos a futuros sementales un elevado índice de pedigrí.

Palabras clave: Tendencia genética, Vías de selección, Ovino lechero

Summary

Analysis of the genetic progress obtain in the selection program in Manchega sheep breed

The realised genetic trend in the Manchega sheep breed is analysed in detail after several years of implementation of the selection scheme. The estimated trend (0.818 ± 0.057 litres/year) is lower than estimated trends in other Spanish sheep breeds schemes, being a 0.84 % of the phenotypic mean. The estimated contributions of each path of selection indicate that the reasons for this low value are partly due to the fact that the contribution of the sires of sires path to the total genetic gain is negligible, while the dams of sires path is responsible for 60 % of the total gain. The low contribution of the sires of sires path is explained by the low genetic level of the sires under progeny test in the first years, due to the low genetic merit of their own sires (although their dams were of high merit). Nowadays, this problem has been solved since a high pedigree index is required when selecting candidates to be sires of future generations.

Key words: Genetic trends, Selection paths, Dairy sheep

Introducción

En España están en funcionamiento programas de mejora genética en ganado ovino de leche en la razas Latxa (Legarra *et al.*, 2003), Churra (Merino y Olmedo, 1991), Assaf (Jiménez y Jurado, 2005a) y Manchega (Montoro *et al.* 1996). De estos, los de la raza Latxa, Churra y Manchega tienen sus comienzos en la década de los años ochenta. El caso de la raza Assaf es diferente ya que es una raza que fue reconocida en 2004 aunque estaba implantada en España desde hace muchos años y hay varios grupos que llevan a cabo mejora genética sin coordinación entre ellos. El que cuenta con mayores medios y tiene el programa mas completo es el financiado y coordinado por la diputación provincial de León, incluyendo valoración genética de reproductores desde 1999 (Jiménez y Jurado, 2005b).

El esquema de selección genética de la raza ovina Manchega (ESROM) inició su andadura en el año 1986, pero no fue hasta 1990 cuando se llevaron a cabo las primeras valoraciones genéticas de reproductores y cuando se empezó a seleccionar reproductores por su mérito genético. Tras algunos años de funcionamiento se empezó a calcular regularmente la tendencia genética obtenida (Pérez-Guzmán *et al.*, 1997). Ahora, tras más de 14 años de funcionamiento es momento de analizar con mayor detalle el progreso genético obtenido, verificando si el rendimiento del esquema de selección es similar al de otros que están próximos al mismo y comprobando así el uso eficiente de los medios empleados.

El ESROM, como la mayoría de los esquemas de selección que están desarrollándose en España, esta concebido para la detección de reproductores de elevado mérito genético y su utilización posterior de la forma más eficiente posible. De esta forma, se seleccionan sementales y ovejas reproductoras mediante

la elección de sus progenitores, y así se habla de padres de sementales (PS), madres de sementales (MS), padres de ovejas reproductoras (PO) y madres de ovejas reproductoras (MO), las cuatro vías de la mejora incluidas en la clásica teoría de la respuesta a la selección desarrollada por Dickerson y Hazle (1944) y posteriormente por Rendel y Robertson (1950).

La eficiencia de un esquema de selección depende de que el progreso genético generado en cada una de las vías de mejora sea el adecuado en función de los recursos utilizados. La vía PS es la más importante debido, básicamente, a la mayor capacidad de los sementales para dejar descendencia y por tanto la elección de sementales requiere mayor cuidado ya que su influencia en la población será de mayor trascendencia. La vía MS es la complementaria a la PS, pero debido a la menor precisión con que se suele estimar el mérito genético de la hembras y a su menor capacidad para dejar descendencia, su importancia es algo menor. La vía PO es la tercera en importancia por la mismas razones que la PS pero en este caso los sementales son de menor mérito genético pues se necesitan más sementales para cubrir las necesidad de animales de reposición en la población. Por ultimo la vía MO es la de menor importancia pues el número de hijos que una oveja deja en un rebaño suele ser bastante reducido. Como punto de referencia se puede mencionar el caso del ganado vacuno de leche en el que la vía PS supone el 43% de toda la mejora, la vía PO el 18%, la vía MS el 33% y por ultimo la vía MO el 6% (Groen Ab.F., 1990)

Así pues, una forma eficaz de averiguar si un esquema de selección está desarrollando todo su potencial es analizar los progresos genéticos realmente obtenidos por cada vía y compararlos con los que se deberían obtener desde un punto de vista teórico, bien en otras especies o bien con los obtenidos por

otras razas ovinas explotadas en ambientes y circunstancias semejantes.

El ESROM es un clásico esquema de selección que integra varios rebaños que están conectados mediante machos de referencia, los cuales pueden ser machos mejorantes, de élite, o simplemente machos en testaje (Jurado y Serrano, 1997). La conexión de los rebaños permite una valoración genética de los animales mediante metodología BLUP que los hace comparables entre si aunque estén en rebaños diferentes (Jurado, 1994). El objetivo de la selección es incrementar la producción de leche por lactación y oveja y el criterio de selección es la cantidad de leche tipificada a 120 días. La estima de los valores genéticos se lleva a cabo mediante un modelo animal con medidas repetidas y grupos genéticos. Los parámetros genéticos utilizados para el carácter seleccionado en esta valoración son de 0.18 para la heredabilidad y de 0.35 para la repetibilidad (Serrano et al., 1996). También se valoran los animales por características de calidad de la leche (porcentaje de grasa, proteína y extracto seco). La conexión de rebaños y difusión de la mejora se lleva a cabo mediante Inseminación Artificial (IA) con semen refrigerado. Los sementales del esquema están situados en el Centro Regional de Selección y Reproducción Animal (CERSYRA) de Valdepeñas que actúa como Centro de Inseminación Artificial (CIA), en donde está centralizado el control de producciones tanto de la cantidad como de la calidad de la leche. Este centro cuenta con las instalaciones y el personal necesarios para realizar controles de paternidad mediante marcadores genéticos (microsatélites).

El propósito de este trabajo es presentar un análisis detallado de la tendencia genética obtenida en el ESROM, descomponiéndola en partes atribuibles a cada vía de selección, compararla con la obtenida en otras espe-

cies y razas para el mismo carácter, observar las discrepancias y buscar sus causas y, por último, proponer soluciones prácticas.

Material y método

Para llevar a cabo el análisis antes descrito se utilizó el control de producciones de la raza ovina Manchega y el registro genealógico utilizado para efectuar la valoración genética hasta Abril de 2004. En el primero se acumulan lactaciones desde 1979 y en el segundo hay genealogías de animales nacidos desde 1971.

La genealogía presenta información de 179.695 animales perteneciente a 302 rebaños históricamente adscritos al esquema. De estos 141.519 tienen año de nacimiento. Existen hijas de 735 machos diferentes y el número de ovejas con padre conocido es de 24.833 pertenecientes a 161 rebaños la gran mayoría procedentes de IA. Puesto que la valoración genética sólo tiene sentido en aquellos rebaños que están bien conectados por machos de referencia, se consideró que un rebaño tenía una conexión de calidad con los otros si había al menos 20 hijas de 5 machos diferentes. En estas condiciones había 121 rebaños con información de 152.236 ovejas de las cuales 24.520 tenían padre conocido. De éstas, 126.093 presentaban año de nacimiento. Todos los resultados se referirán a los animales de rebaños conectados.

Para cada vía de selección se calculó el intervalo generacional (L_{PS} , L_{MS} , L_{PO} y L_{MO}). Este fue definido como la media de los años transcurridos desde el nacimiento de los reproductores y el de su progenitor.

Las medias de los valores genéticos predichos fueron calculadas según el año de nacimiento y para cada vía de selección. Dichas medias se calcularon de dos forma diferen-

tes: ponderadas por el número de descendientes y no ponderadas. La media no ponderada se puede considerar que es una estima de valor genético medio de los reproductores disponibles para hacer la mejora. La media ponderada estima el valor de los reproductores realmente usados, un representante típico de reproductor en cada vía. (Van Tassell y Van Vleck, 1990). Por consiguiente reproductores "disponibles" son con los que se cuentan para ser potencialmente utilizados como tales (se usen o no) y "usados" son los empleados verdaderamente de entre los disponibles.

La tendencia genética de una vía de selección se calcula en todos los casos como el coeficiente de regresión de la media de los valores genéticos predichos de los reproductores nacidos un año determinado para cada vía de selección (G_{PS} , G_{MS} , G_{PO} , y G_{MO}) sobre la unidad de tiempo (T), que fue tomada como el año de nacimiento del reproductor ($b_{G_{PS}T}$, $b_{G_{PO}T}$, $b_{G_{MS}T}$, $b_{G_{MO}T}$). En ocasiones, la tendencia genética se expresa como porcentaje de la media fenotípica y de la desviación típica aditiva.

De la misma forma es posible calcular la tendencia genética de un grupo determinado de animales, calculando el coeficiente de regresión lineal de la media de los valores genéticos predichos de los animales nacidos cada año en ese grupo sobre la unidad de tiempo. Así es interesante averiguar la tendencia genética de los sementales disponibles y de las ovejas elegidas como madres disponibles, así como la de las ovejas con padre conocido frente a las de padres desconocidos.

La tendencia genética anual de toda la población se puede calcular de dos formas equivalentes:

a) Mediante el coeficiente de regresión del valor genético medio de todas las ovejas nacidas cada año sobre la unidad de tiempo

(T) ($b_{G_{OT}}$), tomado T como año de nacimiento de reproductor.

b) Mediante la fórmula sugerida por Rendel y Robertson (1950):

$$\Delta g = \frac{\Delta G_{PS} + \Delta G_{PO} + \Delta G_{MS} + \Delta G_{MO}}{L_{PS} + L_{PO} + L_{MS} + L_{MO}}$$

$$= \frac{\sum \Delta G}{\sum L}$$

o lo que es lo mismo:

$$\Delta g = \frac{b_{G_{PS}T} \cdot L_{PS} + b_{G_{PO}T} \cdot L_{PO} + b_{G_{MS}T} \cdot L_{MS} + b_{G_{MO}T} \cdot L_{MO}}{L_{PS} + L_{PO} + L_{MS} + L_{MO}}$$

Esta última forma presenta la ventaja de poder descomponer la tendencia genética total en partes atribuibles a cada vía de selección, mediante las expresiones:

$$\Delta g_{PS} = \frac{b_{G_{PS}T} \cdot L_{PS}}{\sum L}; \Delta g_{PO} = \frac{b_{G_{PO}T} \cdot L_{PO}}{\sum L}$$

$$\Delta g_{MS} = \frac{b_{G_{MS}T} \cdot L_{MS}}{\sum L}; \Delta g_{MO} = \frac{b_{G_{MO}T} \cdot L_{MO}}{\sum L}$$

Todos los resultados obtenidos por estas expresiones serían aproximados ya que su exactitud es progresiva de forma asintótica con las generaciones.

Existen otros métodos más precisos y adaptables a situaciones particulares como el propuesto por ELSÉN (1993), pero que requiere un mayor esfuerzo de cálculo.

Debido a que muchos reproductores de las vías de selección (abuelos) no tienen año de nacimiento, se estimó dicho año por dos procedimientos:

a) Calculando la media del año de nacimiento de sus hijos y restando el intervalo generacional de dicha vía.

b) Detrayendo el intervalo generacional de la vía del año de nacimiento del hijo más joven

La información utilizada en cada una de las vías de selección se presenta separadamente:

Vía padre de sementales (PS):

Número de ovejas con padres	25.033
Número de sementales diferentes	733
Número de sementales con padres (abuelos)	476
Número de abuelos paternos diferentes	179
Número medio de hijas por semental	34,154
Número medio de sementales por abuelo paterno	2,173
Mayor número de sementales por abuelo paterno	24
De los 179 abuelos solo 69 tienen año de nacimiento	(38,5%).

Vía padre de ovejas reproductoras (PO)

Número de ovejas con madres conocidas	72.314
Número de madres diferentes	41.420
Número de madres con padres (abuelos)	5405
Número de abuelos maternos diferentes	455
Número medio de ovejas por madres	1,745
Número medio de madres por abuelo paterno	9,822
Mayor número de madres por abuelo paterno	173
De los 455 abuelos maternos, 342 tienen año de nacimiento	(75,1%)

Vía madre de sementales (MS)

Número de sementales con madres (abuelas)	480
Número de madres de sementales diferentes	411

Número medio de sementales por abuela materna	1,116
Mayor número de sementales por abuela materna	3
De las 411 abuelas diferentes, 357 tiene año de nacimiento	(86,8%)

Vía madres de ovejas reproductoras (MO)

Número de ovejas con madres (abuelas)	21.652
Número de abuelas maternas diferentes	14.886
Número medio de ovejas por abuela materna	1,388
Número máximo de ovejas por abuela materna	9
De las 14886 abuelas diferentes, 11091 tienen año de nacimiento	(74,5%)

Resultados y discusión

En la figura 1 se presenta la tendencia genética estimada de la población de rebaños conectados. Su valor es $b_{GOT}=0,818\pm 0,057$ litros por año (l/a), lo que supone un incremento genético anual de un 0,84% de la media fenotípica ($\mu_p=97,46$ l.) y un 5,13% de la desviación típica aditiva ($\sigma_A=15,94$ l.). Es claramente distinto de cero y pone en evidencia que el programa de selección genética de esta raza es eficiente en modificar el valor genético medio de la población. No obstante, es inferior al valor señalado en otras razas españolas, como la raza Latxa (2,97 l/a) (Legarra et al., 2003), que supone un 2,52%. En el caso de la raza Churra este sería de 0,96 l/a (De la fuente, 2005, (Comunicación personal)).

En la figura 2 se presenta la tendencia genética de las ovejas con padre conocido ($1,470\pm 0,079$) y desconocido ($0,395\pm 0,043$).

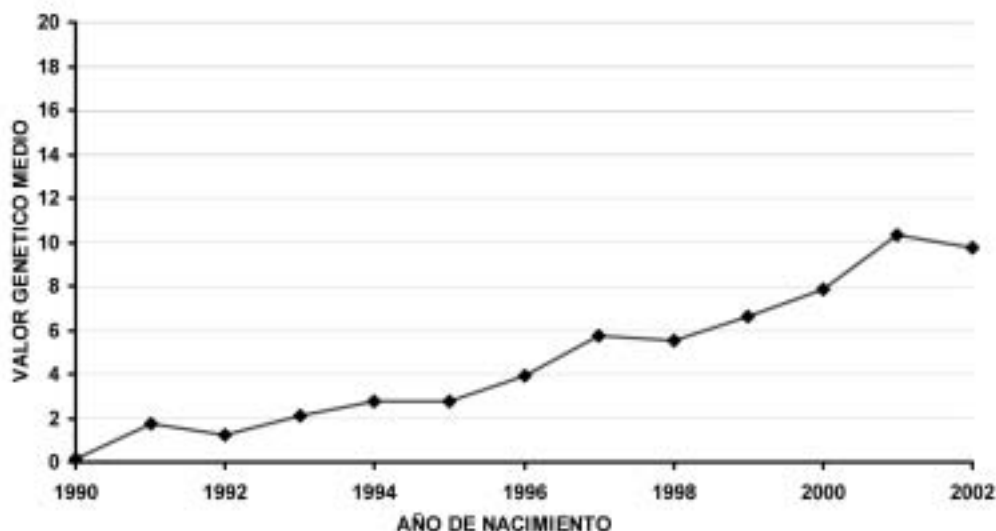


Figura 1. Tendencia genética de la raza ovina Manchega. Media de los valores aditivos estimados por año de nacimiento de las ovejas de rebaños conectados.

Figure 1. Genetic trend in Manchega breed. Average estimated breeding values of ewes born in each year in connected flocks.

Es bien claro que gran parte de la mejora genética de la raza viene dada por las ovejas hijas de machos conocidos, y que en su inmensa mayoría proceden del CERSYRA y han tenido hijas en los rebaños mediante IA. Se podría argumentar que la metodología BLUP altera el valor de las predicciones genéticas de los animales cuando se desconoce su genealogía, haciendo que éstas tiendan a cero. No obstante la mayor parte de las ovejas tienen información propia de varias lactaciones y en muchos casos se conoce la madre, lo cual puede hacer que esta propiedad de la metodología no modifique sustancialmente la conclusión anterior. Además la diferencia entre los valores de ambas tendencias es estadísticamente diferente de cero.

En la figura 3 se han añadido a las líneas correspondientes a las tendencias genética de hijas con padres conocidos y desconocidos, la de la tendencia general de la población y la de la tendencia genética de los

sementales disponibles ($1,746 \pm 0,285$) y de madres de ovejas disponibles ($0,905 \pm 0,086$) en cada año. Se observa que la línea correspondiente a hijas de progenitores conocidos transcurre entre la de sementales y la de ovejas madres, cosa por demás lógica, pero que pone en evidencia que el bajo valor de la tendencia general de la población es en gran parte atribuible a los animales de genealogía desconocida.

Aunque el valor de la tendencia genética de animales con padres conocidos (1,470) es superior a la de la población (0.818), tan solo supone un 1,5% de μ_p (9,22% de σ_A), lejos de los valores de otras razas. Luego no deben ser solo los animales de genealogía desconocida los responsables del bajo nivel de respuesta genética de la raza. La explicación viene dada por los padres y madres de los sementales y de las ovejas. A continuación se analizan las cuatro vías de selección para los animales de genealogía conocida.

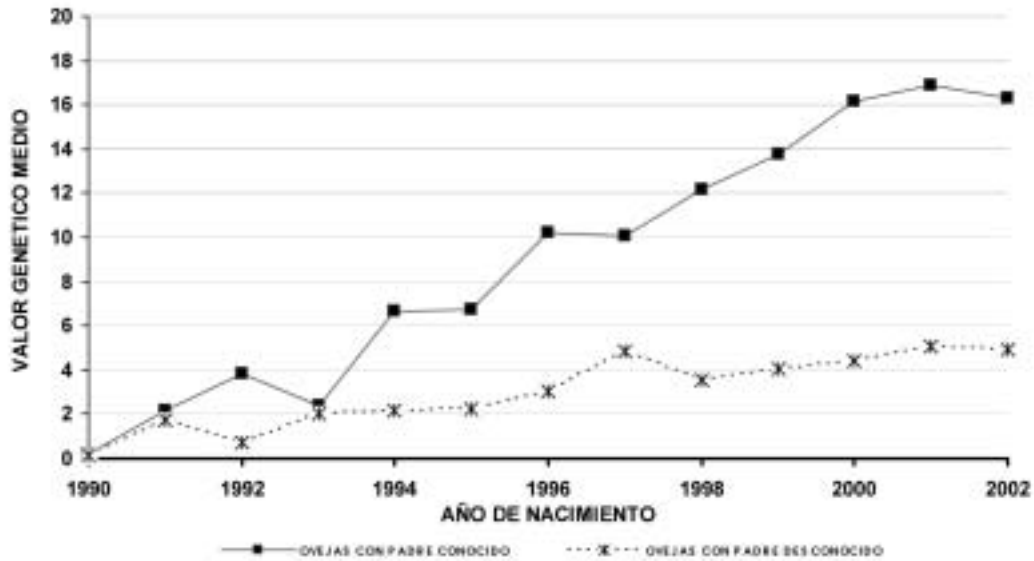


Figura 2. Tendencia genética de la raza ovina Manchega. Media de los valores aditivos estimados por año de nacimiento de las ovejas con padre conocido ó desconocido.

Figure 2. Genetic trend in Manchega breed. Average estimated breeding values of ewes born in each year with sires know or unknown.



Figura 3. Tendencia genética de la raza ovina Manchega. Media genética anual de las ovejas de rebaños conectados, con ambos progenitores conocidos y desconocidos, así como de los sementales y madres reproductoras.

Figure 3. Genetic trend in Manchega breed. Average estimated breeding values of ewes born in each year in connected flocks, with both parents know and unknown, rams and dams.

Vía padres de sementales (PS)

En la figura 4 se presentan las medias genéticas anuales de los padres de sementales disponibles cada año y los realmente usados.

Los valores de sus tendencias ($0,333 \pm 1,163$ y $-0,207 \pm 1,795$) no son diferentes de cero. Además de la nula tendencia genética se observa una gran irregularidad en el valor genético medio de los mismos.

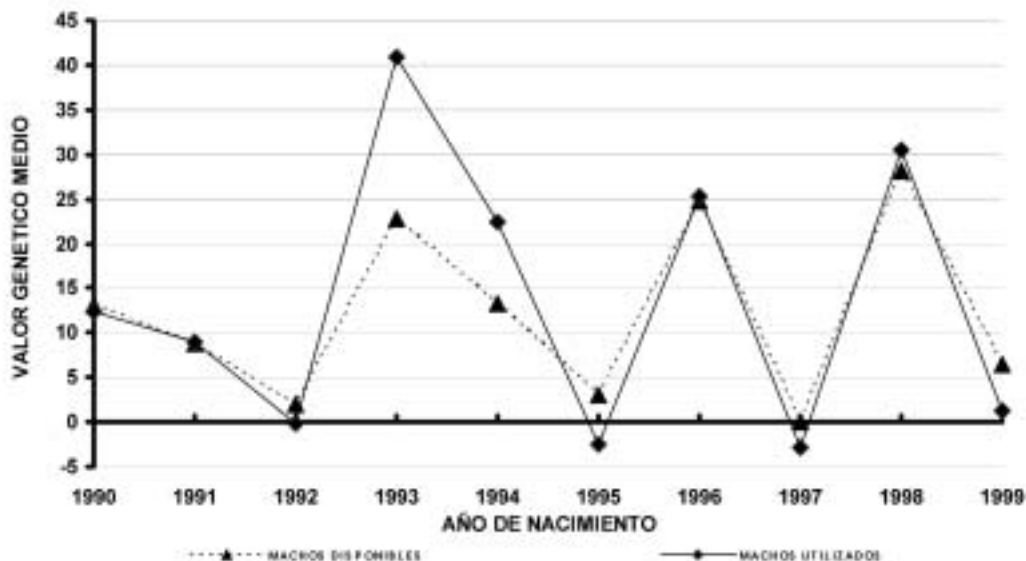


Figura 4. Tendencia genética de la raza ovina Manchega. Vía padres de sementales. Medias genéticas por año de nacimiento de los sementales padres de machos usados y disponibles (ponderadas y no ponderadas por el número de hijos).

Figure 4. Genetic trend in Manchega breed. Selection path sires of rams. Average estimated breeding values of sires of rams born in each year, actually used and potentially available (weighted and unweighted by number of sons).

Los padres de los sementales, según el funcionamiento del esquema de selección, son aportados por los ganaderos. En los primeros años del esquema está claro que los machos ingresados al CERSYRA no eran de una calidad genética elevada, debido a las reservas de algunos ganaderos ante unas técnicas nuevas para ellos y a que, para lograr su colaboración, no se era muy estricto respecto a la genealogía de estos machos (en muchos casos desconocida). Por otra parte solamente se conoce el año de

nacimiento del 38% de estos lo que contribuye a la imprecisión de los resultados. En la figura 3 se observa que el valor genético medio de los sementales en los años 90 al 93 era próximo a cero y se produjo un crecimiento continuo en años posteriores, lo cual debe ser atribuido a las madres de dichos sementales, como se ve más adelante. En la actualidad el criterio para elegir los candidatos a futuros sementales es exigir un alto índice de pedigrí. Si el padre es de monta natural se exige que la abuela

paterna pertenezca al 5% superior de las hembras.

Vía madres de sementales (MS)

En la figura 5 se presentan las medias genéticas anuales de los ovejas disponibles y usadas y que fueron madres de sementales. Los respectivos valores de las tendencias son $1,683 \pm 0,425$ y $1,652 \pm 0,387$ y sus valores

medios de +25,87 y +25,92. Está claro que, así como los ganaderos no pudieron aportar sementales con padres de calidad, si pudieron hacerlo con sus madres, (en la mayor parte de los casos la genealogía materna era conocida y se tenía más información de las mismas). Esto explica que en el CIA se testaran a la postre, machos con un valor genético medio no muy bajo. En aquellos años iniciales la vía "padre de sementales" no fue bien utilizada.

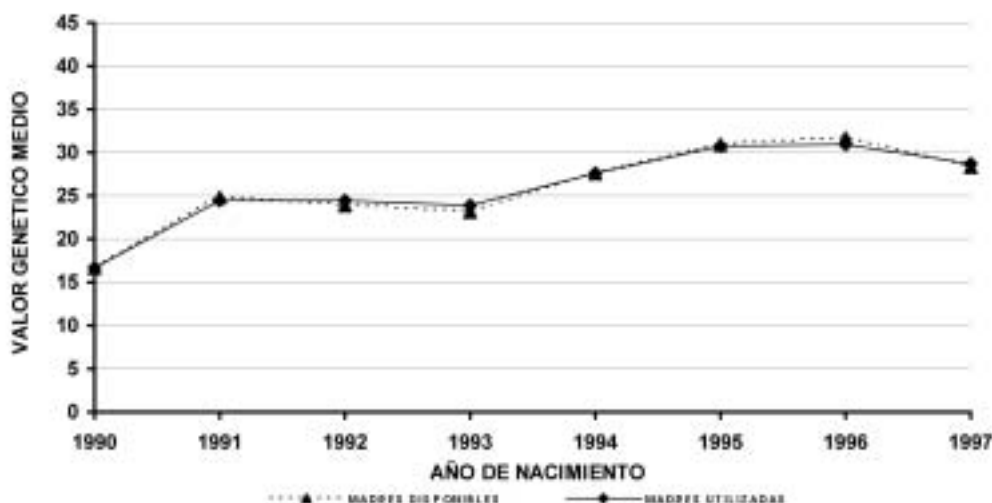


Figura 5. Tendencia genética de la raza Manchega. Vía madres de sementales. Medias genéticas por año de nacimiento de las madres de los sementales usados disponibles (ponderadas y no ponderadas por el número de hijos).

Figure 5. Genetic trend in Manchega breed. Selection path dams of rams. Average estimated breeding values of dams of rams born in each year, actually used and potentially available (weighted and unweighted by number of sons).

Vía padres de ovejas reproductoras (PO)

En la figura 6 figuran las medias genéticas anuales de los machos disponibles y realmente usados y que son machos que los ganaderos utilizan en sus rebaños para la reposición. Los valores de sus tendencias

genéticas son $1,754 \pm 0,355$ y $0,539 \pm 0,593$. Aquí se pone de manifiesto que los ganaderos usaron los mejores machos con preferencia a los menos buenos durante los primeros años y posteriormente usan todos por igual. La razón puede ser que al principio se pusieron a testar machos de muy

diferentes calidades genéticas, utilizándose posteriormente solo los declarados mejorantes. En años posteriores entraron al testaje machos de más calidad (hijos de mejorantes) y se declararon mejorantes la mayoría, usándose indistintamente. Debe

tenerse en cuenta que estos machos son todos de IA y por eso se conoce su genealogía y no debe olvidarse que la mayoría de los machos en los rebaños son de monta natural y por consiguiente sus genealogías y valores genéticos son desconocidos.

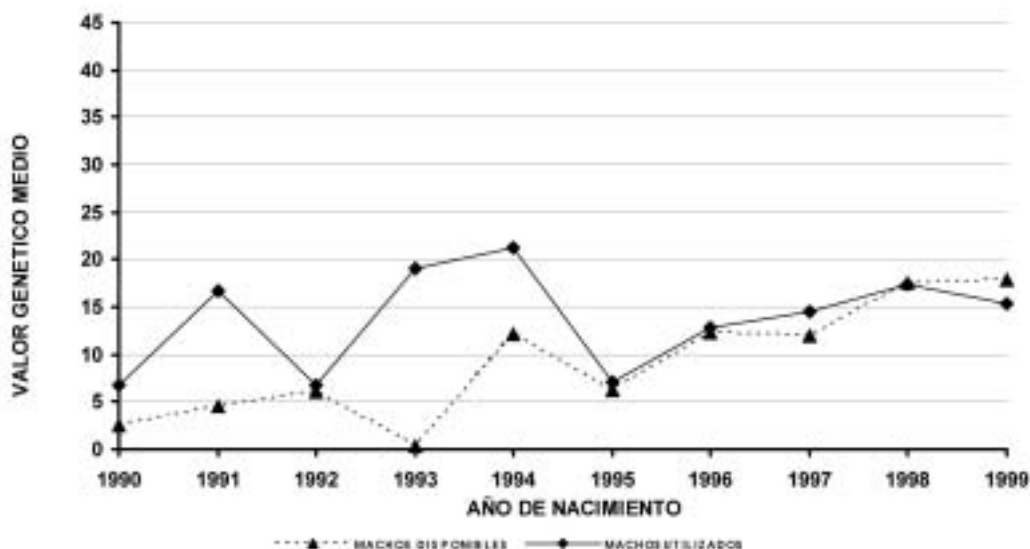


Figura 6. Tendencia genética de la raza Manchega. Vía padres de ovejas reproductoras. Media genética por año de nacimiento de los padres de ovejas las ovejas reproductoras usadas y disponibles (ponderadas y no ponderadas por el número de hijos).

Figure 6. Genetic trend in Manchega breed. Selection path sires of ewes. Average estimated breeding values of sires of dams born in each year, actually used and potentially available (weighted and unweighted by the number of sons).

Vía madres de ovejas reproductoras (MO)

En la figura 7 se presentan las medias genéticas anuales de las madres de las ovejas dejadas como reposición por los ganaderos tanto disponibles como realmente usadas. Los valores de las tendencias son $0,898 \pm 0,123$ y $0,751 \pm 0,125$. Estas gráficas parecen indicar que los ganaderos están usando progresivamente hembras de más calidad genética

como madres del recrió, como consecuencia, seguramente, de la utilización de la documentación que el esquema les proporciona sobre sus animales. También se puede deducir que utilizan las hembras de calidad superior con más intensidad que las de calidad inferior

En la tabla 1 se presentan los intervalos generacionales estimados para cada una de las cuatros vías.

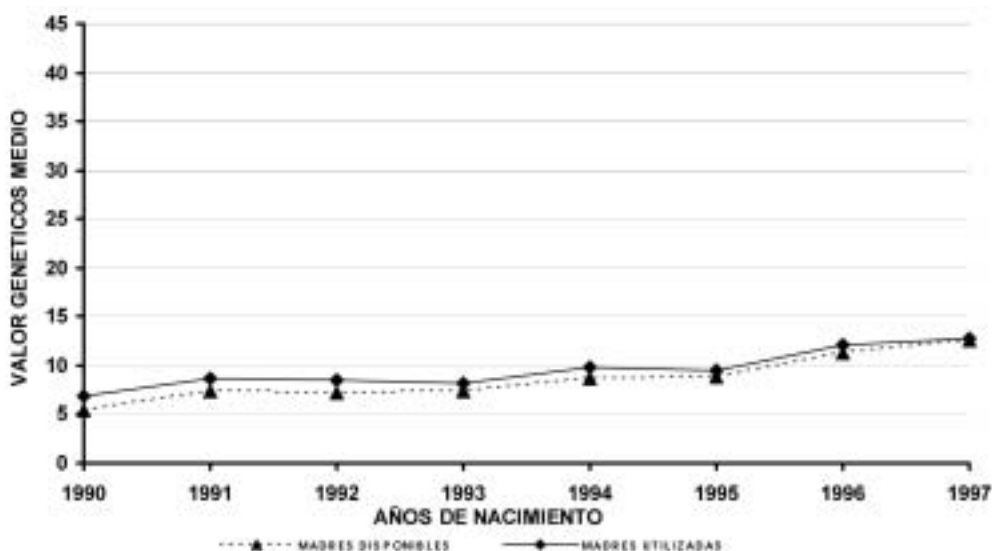


Figura 7. Tendencia genética de la raza Manchega. Vía madres de ovejas reproductoras. Media genética por año de nacimiento de las madres de las ovejas reproductoras usadas y disponibles (ponderadas y no ponderadas por el número de hijos).

Figure 7. Genetic trend in Manchega breed. Selection path dams of ewes. Average estimated breeding values of dams born in each year, actually used and potentially available (weighted and unweighted by the number of sons).

Tabla 1. Intervalo generacional estimado para las cuatro vías de selección
Table 1. Estimated generational intervals for the four paths of selection

Vía de selección	Intervalo generacional
Vía padre de sementales	4,429 años
Vía madres de sementales	4,406 años
Vía padres de ovejas	3,428 años
Vía madres de ovejas	3,639 años

En la tabla 2 se presentan las tendencia genética de cada vía de selección para los animales disponible y realmente usados, referidas a:

- Sólo los animales con año de nacimiento (Casos (1) y (2))

- Años de nacimientos faltantes estimados según el del hijo más joven. (Casos (3) y (4))
- Años de nacimientos faltantes estimados según la media del de los hijos (Casos (5) y (6))

Tabla 2. Progreso genético total de la población
 Table 2. Genetic progress in whole population

Tendencia vía de selección	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Vía padre de sementales (Δg_{PS})	0,377	-0,207	0,870	0,021	0,856	-0,008
Vía madres de sementales (Δg_{MS})	1,683	1,652	1,724	1,690	1,724	1,690
Vía padres de ovejas (Δg_{PO})	1,755	0,539	1,731	0,357	1,811	0,578
Vía madres de ovejas (Δg_{MO})	0,899	0,751	0,995	0,844	0,998	0,849
Progreso genético anual (Δg)	1,161	0,696	1,325	0,750	1,339	0,792

Porcentaje de cada vía	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Vía padre de sementales	8,76%	-8,11%	17,89%	0,78%	17,42%	-0,30%
Vía madres de sementales	40,51%	66,34%	36,37%	62,92%	35,97%	59,64%
Vía padres de ovejas	32,86%	16,84%	28,40%	10,35%	29,40%	15,89%
Vía madres de ovejas	17,87%	24,92%	17,34%	25,95%	17,21%	24,76%

(1) Animales disponibles con año de nacimiento; (2) Animales usados con año de nacimiento; (3) Animales disponibles con año de nac. estimado por el año de nac. del hijo mas joven; (4) animales usados con año de nac. estimado por el año de nac. del hijo mas joven; (5) Animales disponibles con año de nac. estimados por el año de nac. medio de los hijos; (6) Animales usados con año de nac. estimado por el año de nac. medio de los hijos.

Los casos (1) y (2) ya han sido comentados. Se puede observar que las tendencias genéticas (por las cuatro vías, y el Δg), tanto de los reproductores disponibles como los usados, aumentan cuando se estiman los años de nacimiento faltantes, bien mediante el año de nacimiento del hijo más joven o por el valor medio de los años de nacimiento de todos los hijos. El valor que más se aproxima a la tendencia estimada ($b_{GOT}=0,818$) es la obtenida en el caso (6) ($\Delta g=0,792$) y que fue calculada utilizando los reproductores usados y los años de nacimientos faltantes estimados por las medias de sus hijos.

Los porcentajes del progreso genético total (Δg) atribuibles a cada vía difieren según se consideren los casos con reproductores disponibles y usados. En el primer caso la vía PS es responsable de entre un 8 y un 18% del progreso genético total mientras que las otras vías son responsa-

bles de entre un 36 y 40% en la vía MS, entre 30 y 32 % en la vía PO y de un 17% en la vía MO. Si consideramos los casos en los que se utilizaron los reproductores usados, la vía PS no supone ninguna ayuda a la selección (incluso la retrasa), la vía MS es responsable de un 60% aproximadamente, la vía PO de entre un 10 y un 15% y por último la vía MO de un 25%. Siendo estos últimos casos los que más se aproximan a la tendencia estimada ($b_{GOT}=0,818$), pueden ser considerados como los verdaderos porcentajes de la mejora genética atribuibles a cada vía. En la tabla 3 comparamos estos porcentajes con los de otras razas y especies.

En la tabla 3 destaca el hecho de que la raza Manchega no ha utilizado en los primeros años del esquema la vía "Padre de sementales" en su programa de Mejora Genética, lo cual contrasta con el uso que le dan otras razas en la que se constituye

como la principal vía de mejora. El valor genético de los sementales puestos al testaje procede exclusivamente de las madres de los sementales. Este es muy elevado (figura 5) y su valor genético medio es de +25,9, lo cual conduce a que los sementales puestos al testaje en el CERSYRA de Valdepeñas en los años 1999-2000 tengan un

valor genético medio de +18,6. No obstante su calidad podría ser superior si los padres de los sementales tuvieran un mayor valor genético medio. Esta circunstancia ya se está produciendo pues los ganaderos están ofertando al CIA machos jóvenes cuyos padres son, en muchos casos, los machos mejorantes allí detectados.

Tabla 3. Importancia relativa de las diferentes vías de progreso genético para varias razas de ovino de leche y del vacuno de leche

Table 3. Relative importance of each selection paths of genetic gain in different dairy species and breeds

Vías de selección	Manchega	Latxa*	Lacaune**	Vacuno lechero***
Vía padre de sementales	0%	40%	31%	43%
Vía madres de sementales	59%	39%	39%	33%
Vía padres de ovejas (vacas)	16%	11%	17%	18%
Vía madres de ovejas (vacas)	25%	11%	13%	6%

*Legarra et al., 2003.

**Barillet, F. 1990.

***Groen Ab.F. 1990.

La importancia relativa de las vías de mejora en lo que concierne a los ganaderos, o sea los padres y madres de ovejas productoras, es de un orden semejante al de otras razas, aunque predominan las madres sobre los sementales (seguramente porque estos son en su mayoría de monta natural y de valor genético no contrastado).

Conclusiones

Las conclusiones que se pueden extraer de este trabajo son las siguientes:

1. El esquema de selección genética de la raza ovina manchega presenta una tendencia genética estimada en 0,818 litros/año (0,84% de la media fenotípica y un 5,13%

de la desviación típica aditiva). Es apreciable pero baja en comparación con otras razas ovinas lecheras.

2. La mayor parte de esta tendencia es atribuible a las ovejas con padre conocido, que en su inmensa mayoría son los machos declarados mejorantes en el CERSYRA de Valdepeñas. La baja tendencia genética general es debida en su mayor parte a los animales de genealogía desconocida.

3. No obstante lo anterior, la tendencia genética de las ovejas con padre conocido es de sólo 1,470 litros/año (1,5% de μ_p y un 9,22% de σ_A). Es aún baja en relación a otras razas.

4. De las cuatro vías de selección, la de "padre de sementales" presenta valores de la tendencia genética muy bajos o negati-

vos. Esto indica que dicha vía no es utilizada de forma adecuada en el esquema de selección. No obstante los sementales testados en el CIA presentan valores y tendencia positivos, debido a la alta calidad de sus madres.

5. Los reproductores utilizados por los ganaderos (machos de monta natural y ovejas reproductoras en los rebaños) para obtener el recrio son de alto valor genético y contribuyen al progreso genético de la raza en proporciones parecidas a las de otras razas.

6. En los últimos años los animales testados en el CIA son de mucha más calidad que en años precedentes, lo que indica que se está utilizando progresivamente padres de sementales de mayor valor genético.

Agradecimiento

Los autores agradecen a J.P. Smulders su ayuda para contrastar los resultados de los programas informáticos utilizados en este trabajo.

Bibliografía

- Barillet, F, 1990. Amélioration génétique des brebis laitières. Seminario avanzado sobre mejora de la calidad de la producción de leche. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.
- Dickerson GE, Hazel LN, 1950. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. *J. Agric. Res.* 69: 459.
- Elsen, JM, 1993. Prediction of annual genetic gain and improvement las between populations. *Genet Sel Evol.* 25, 75: 82.
- Groen AbF, 1990. Influences of production circumstances on the economic revenue of cattle breeding programmes, *Anim. Prod.*, 51, 469:480.
- Jiménez MA, Jurado JJ, 2005a. La raza Assaf española en la provincia de León. ITEA. (Aceptada para publicación).
- Jiménez MA, Jurado JJ, 2005b. Esquema de selección de la raza Assaf española. ITEA. Volumen extra, nº 26 Tomo 1, 99: 101.
- Jurado JJ, 1994. Evaluación genética de reproductores en ganado ovino de raza Manchega. *Ganado Ovino. Raza Manchega.*, 369: 387. Ediciones Mundi-Prensa.
- Jurado JJ, Serrano M, 1997. Situación actual de la mejora genética en ovino de leche: Aspectos clave. 241: 254. Ediciones Mundi-Prensa.
- Legarra A, Ugarte E, Arrese F, 2003. Análisis del progreso genético en el esquema de mejora de la raza Latxa. ITEA, vol. 99A, nº 3, 192: 202.
- Merino L, Olmedo JA, 1991. Mejora genética del ganado ovino de raza Churra. Hojas divulgadoras Num. 20/90 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Montoso V, Pérez-Guzmán MD, Jurado JJ, Gallego R, García-Cervigon M, Aguado MJ, Garde JJ, 1996. La selección de la raza Ovina Manchega. *Investigación Agraria en Castilla-La Mancha*, 9.
- Pérez-Guzman, MD, Serrano M, Montoro V, Jurado JJ, 1997. Estima de la tendencia genética de la raza Manchega, incluyendo grupos genéticos. ITEA, Volumen extra, nº 18, Tomo 1, 304: 396.
- Rendel JM, Robertson, 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a close herd of dairy cattle. *J. Genet.* 50: 1.
- Serrano M, Pérez-Guzmán, MD, MontoroV, Jurado JJ, 1996. Genetic parameters estimation and selection progress for milk yield in Manchega sheep. *Small Rumin. Res.* 23, 51-57.
- Van Taseel TC, Van Vleck LD, 1990. Estimates of genetic selection differentials and generation for four paths of selección. *J. Dairy Sc.* 74: 1078-1086.

(Aceptado para publicación el 7 de junio de 2005)

Parámetros cinéticos en eyaculados bovinos de toros de raza frisona y rubia gallega

R. Muiño*, M. Fernández**, A.I. Peña*

* Departamento de Patología Animal. Reproducción y Obstetricia. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. 27002 Lugo.España. anaipena@lugo.usc.es

** Centro de Selección y Reproducción Animal de Galicia.Xenética Fontao, S.A., Fontao-Esperante, Apdo 128. 27080 Lugo (España).

Resumen

En este trabajo se utilizaron 119 eyaculados procedentes de toros de raza Rubia Gallega y Frisona. La calidad del semen inicialmente se valoró en base a sus características macroscópicas, motilidad masal, motilidad individual y concentración espermática. Tras la evaluación, los eyaculados calificados como "no aptos para criopreservación" se descartaron, y los eyaculados seleccionados para congelación fueron analizados con un sistema CASA (Computer Assisted Sperm Analysis). El objetivo del trabajo fue establecer valores medios, en semen fresco con calidad adecuada para la criopreservación, para una serie de parámetros descriptores del movimiento espermático. Los valores obtenidos podrían ser utilizados como parámetros de referencia por laboratorios que dispongan de un equipo Sperm Class Analyzer (software SCA®2002 Movilidad, Microptic S.L., Barcelona, España).

Palabras clave: análisis computerizado, raza, semen fresco.

Summary

Motion characteristics in bovine ejaculates from holstein and rubia gallega bulls

For this study, 119 ejaculates from Holstein and Rubia Gallega bulls were used. The semen quality was initially evaluated based on its macrosocopic characteristics, collective motility, individual motility and sperm concentration. After evaluation, the ejaculates scored as "not adequate for cryopreservation" were discarded whereas those selected for cryopreservation were analysed by using a CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) system. The aim of the present study was to establish mean values for some motility descriptors observed in bovine fresh semen with optimal quality for cryopreservation. The values obtained in this study could be used as a reference by other institutions using a Sperm Class Analyzer equipment (software SCA®2002 Movilidad, Microptic S.L., Barcelona, España).

Key words: computer analysis, race, fresh semen.

Introducción

La motilidad es sólo uno de los muchos requisitos que ha de reunir un espermatozoide para ser capaz de fecundar a un ovocito, sin embargo, ha sido y todavía es el parámetro más utilizado para valorar la calidad

de un eyaculado o de una dosis de semen refrigerado o congelado. Para que la migración espermática a través del tracto genital de la hembra ocurra normalmente, y sobre todo para el establecimiento de un reservorio espermático en el oviducto, los espermatozoides han tener movimiento activo; pero

además, la motilidad es también una manifestación de integridad estructural y de competencia funcional del espermatozoide.

La motilidad espermática normalmente se valora de forma subjetiva, este es un método simple, rápido y barato. Sin embargo, es altamente subjetivo, puesto que los resultados obtenidos dependen en gran parte de la habilidad y experiencia del técnico que evalúa la muestra (Rodríguez-Martínez, 2000), y además, si se trabaja con muestras muy concentradas se tiende a sobrestimar el porcentaje de espermatozoides móviles. Por tanto, no es un método que, de forma fiable y repetible, permita predecir la capacidad fecundante de una muestra de semen (Saacke and White, 1972; Linford et al., 1976). Estos inconvenientes motivaron numerosos esfuerzos por parte de los investigadores para intentar eliminar la subjetividad inherente al examen microscópico de la motilidad (Glover, 1968; Katz and Dott, 1975; Amann and Hammerstedt, 1980; Katz and Overstreet, 1981; O'Connor et al., 1981), fruto de los cuales se desarrollaron los sistemas computerizados para el análisis de la motilidad espermática, también conocidos como sistemas CASA (Computer Assisted Sperm Analysis).

Al final del proceso, el CASA proporciona toda una serie de datos objetivos de las células móviles presentes en la muestra y la calidad media de ese movimiento (Amann, 1989; Anzar et al., 1991). Pero además, permite identificar la existencia de subpoblaciones de espermatozoides con distintos patrones de movimiento (Davis et al., 1995; Holt, 1996; Abaigar et al., 1999) que coexisten en la misma muestra de semen, lo cuál es una visión más real que la motilidad media de la muestra, puesto que una muestra de semen es una población heterogénea de espermatozoides.

A pesar de su uso generalizado en laboratorios de investigación y centros de I.A (inseminación artificial), no existe una estandarización de los equipos ni de los procedimientos empleados en los análisis (Verstegen et al., 2002). Cada laboratorio utiliza un sistema CASA diferente, con distintas especificaciones técnicas y en diferentes condiciones de trabajo (distintos medios de dilución, temperaturas, etc), lo que provoca que los resultados facilitados por los distintos centros sean muy dispares, y no sea posible comparar directamente los datos de los distintos laboratorios (Davis et al., 1993; Tardif et al., 1997).

El objetivo del presente estudio, por tanto, fue:

a) establecer unos valores medios para una serie de parámetros cinéticos obtenidos mediante un sistema CASA (en unas condiciones de trabajo definidas) para el semen fresco bovino, a partir de los resultados obtenidos tras el análisis de eyaculados bovinos previamente calificados, mediante evaluación subjetiva convencional, como de calidad "buena" o "muy buena" y "aptos para la congelación".

b) evaluar posibles influencias de la raza y/o de la edad sobre los parámetros descriptores de la motilidad espermática, mediante la comparación de los resultados obtenidos a partir del análisis de eyaculados de toros de raza Frisona y Rubia Gallega, y en ambas razas, de toros mayores y menores de 3 años.

Material y métodos

Animales

Para este estudio se utilizaron 119 toros, 61 de raza Rubia Gallega y 58 de raza Frisona, de edades comprendidas entre 15 meses y

13 años. Todos los sementales se encontraban alojados en las instalaciones del Centro de Selección y Reproducción Animal de Galicia XENÉTICA FONTAO, S.A. (Fontao, Esperante, Lugo). Comenzaron su etapa como reproductores a los 15 meses de edad, estaban clasificados como 'aptos para la reproducción' y libres de toda enfermedad infecto-contagiosa.

Obtención y evaluación de los eyaculados

La extracción del semen se realizó mediante el uso de vagina artificial, y de cada toro se obtuvieron dos eyaculados, con un intervalo de unos 20 min entre los dos saltos. Tras la obtención del semen, se realizó una primera valoración de la calidad seminal atendiendo a las siguientes características:

- color: normalmente entre blanco y amarillo, dependiendo de la presencia de β -carotenos.
- fluidez: se clasificó en denso, fluido o acuoso. La mayoría de las muestras presentaban un aspecto denso o fluido. Las de aspecto acuoso se descartaron.
- volumen: determinado por lectura directa en tubos graduados de 10 ml. Se calculó el volumen medio de los dos saltos.
- motilidad en masa: se puntuaron en una escala de 0 a 5. Los eyaculados con motilidad masal inferior a 3 se desecharon. Se calculó la motilidad media para los dos saltos.
- concentración espermática: determinada por medio de un espectrofotómetro calibrado (Photometer SDM 4, Minitüb, Tiefenbach, Germany). Se calculó la concentración media para los dos saltos.

Una vez determinados el volumen y la concentración, se mezcló el semen procedente de ambos saltos y se diluyó con Biociphos (IMV®, L'aigle, France) hasta una concentración de 100 millones/ml. Tras la dilución del

semen se evaluó subjetivamente la motilidad espermática individual y aquellas muestras con motilidad inferior al 60% se desecharon. Las muestras con un porcentaje de espermatozoides móviles entre el 60 y el 80% se consideraron de calidad 'buena' y si el porcentaje de motilidad era superior al 85% se consideraron de calidad 'muy buena'. Este criterio se utilizó con el fin de no congelar la mezcla de eyaculados con una motilidad subjetiva inferior al 60%, por tanto, al descartarlos de la congelación tampoco se analizaron con el CASA.

Evaluación de la motilidad espermática con un sistema CASA

Para el análisis objetivo de la motilidad, tomamos una gota de 5 μ l de semen diluido previamente y lo diluimos aun más utilizando una tasa de dilución 1:5 (1 volumen de semen diluido + 4 volúmenes de Biociphos) con el fin de reducir la concentración hasta 20 millones/ml, para facilitar el análisis de la muestra con el analizador de imagen. Otros 5 μ l de semen diluidos a esta nueva concentración se depositaron entre un porta y un cubre y se evaluaron 3 campos de microscopio, seleccionados de la parte superior, media e inferior del portaobjetos, analizando aproximadamente un total de 600 espermatozoides por muestra. Se utilizó un microscopio de contraste de fases (NIKON E-600, Tokyo, Japan), con Ph1 positivo, objetivo 10 x y platina a 37 °C. Las imágenes analógicas de los espermatozoides fueron digitalizadas y analizadas utilizando el software SCA®2002 Movilidad (Microptic S.L., Barcelona, España). El patrón de análisis del SCA 2002® predeterminado para la captura de las imágenes incluía los siguientes datos: número de imágenes capturadas por segundo: 25; velocidad mínima para espermatozoides lentos: 20 μ m/s; velocidad máxima para espermatozoides lentos: 60 μ m/s; velo-

cidad máxima para espermatozoides medios 110 $\mu\text{m/s}$; conectividad (distancia máxima entre dos objetos de dos imágenes sucesivas para que sea considerado el mismo objeto): 15 μm ; número mínimo de imágenes para calcular ALH: 5.

Parámetros analizados

– Parámetros de velocidad:

- Velocidad curvilínea (VCL): es la distancia recorrida por el espermatozoide a lo largo de su trayectoria en función del tiempo.
- Velocidad rectilínea (VSL): es la distancia recorrida por el espermatozoide entre el primer y el último punto de su trayectoria por unidad de tiempo.
- Velocidad media (VAP): distancia recorrida por el espermatozoide a lo largo de su trayectoria media por unidad de tiempo.
- Índice de linealidad de la trayectoria curvilínea (LIN): es la relación porcentual entre VSL y VCL.
- Índice de rectitud (STR): es la relación porcentual entre VSL y VAP.
- Índice de oscilación (WOB): es la relación porcentual entre VAP y VCL.

– Parámetros de angularidad y oscilación de la cabeza:

- Amplitud media del desplazamiento lateral de la cabeza (ALH): es el desplazamiento que efectúa la cabeza espermática en su trayectoria curvilínea de un lado a otro de la trayectoria media o lineal.
- Frecuencia de batido (BCF): es la frecuencia con la que la trayectoria curvilínea atraviesa la trayectoria lineal o media en función del tiempo.

En función de su VCL los espermatozoides se clasifican en estáticos ($VCL < 20 \mu\text{m/s}$), móviles no progresivos y móviles progresi-

vos; y dentro de los móviles, en rápidos ($VCL > 110 \mu\text{m/s}$), medios (VCL entre 60 y 110 $\mu\text{m/s}$) y lentos (VCL entre 20 y 60 $\mu\text{m/s}$).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un GLM (Modelo Lineal General) utilizando el programa estadístico SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), en el que las variables dependientes (volumen, concentración espermática, porcentajes de motilidad y parámetros descriptores del movimiento) se consideraron en función de dos variables independientes: la raza (Rubia Gallega o Frisona) y la edad (animales mayores o menores de 3 años). Las diferencias entre razas y/o grupos de edad se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

Resultados

Las medias (\pm desviaciones estándar) para el volumen del eyaculado, la concentración espermática, el número total de espermatozoides y el porcentaje de motilidad subjetiva se presentan en las figuras 1-4. La raza, la edad o la interacción entre ambas, tuvieron efectos significativos sobre los cuatro parámetros evaluados. Los toros de raza Frisona mayores de 3 años produjeron mayor volumen de semen que los frisonos jóvenes, y que los toros rubios de ambos grupos de edad. En la raza Rubia Gallega no se observaron diferencias en el volumen del eyaculado entre sementales mayores y menores de 3 años. Por el contrario, la concentración espermática media fue mayor para la raza Rubia que para la Frisona, sin observarse diferencias significativas entre grupos de edad. Mediante valoración subjetiva del eyaculado también se apreció una mayor densidad en los eyaculados de los toros de raza rubia gallega que en los de raza Friso-

na (resultados no mostrados). El número total de espermatozoides por eyaculado no dependió de la raza pero sí de la edad, siendo superior en animales mayores de 3 años. La motilidad espermática, valorada por estimación subjetiva, resultó ser mayor en toros rubios que en frisonos de más de 3 años, pero entre los jóvenes de ambas razas no se observaron diferencias (figura 4).

Las medias (\pm desviaciones estándar) de los parámetros descriptores de la motilidad obtenidos mediante el sistema CASA se presentan en las tablas 1-9. Los porcentajes de espermatozoides móviles, progresivos y no progresivos (tabla 1), así como los de espermatozoides rápidos y medios (tabla 2) no variaron con la raza ni con la edad de los

toros, pero se observó mayor ($P < 0.01$) porcentaje de espermatozoides lentos en los toros frisonos que en los rubios ($12.67 \pm 4.22\%$ vs. $10.38 \pm 3.65\%$). Con respecto a los parámetros de velocidad (tablas 3-8) o de angularidad y oscilación de la cabeza espermática (tabla 9), se observó que la raza ejercía un efecto significativo sobre alguno de ellos (tabla 10), pero no había diferencias entre los dos grupos de edad. En general se observó que en toros frisonos la subpoblación de espermatozoides clasificados como rápidos describía un movimiento de mayor velocidad y de trayectoria más rectilínea (mayor VSL, VAP, LIN, WOB y menor ALH) que dicha subpoblación espermática en eyaculados de toros rubios.

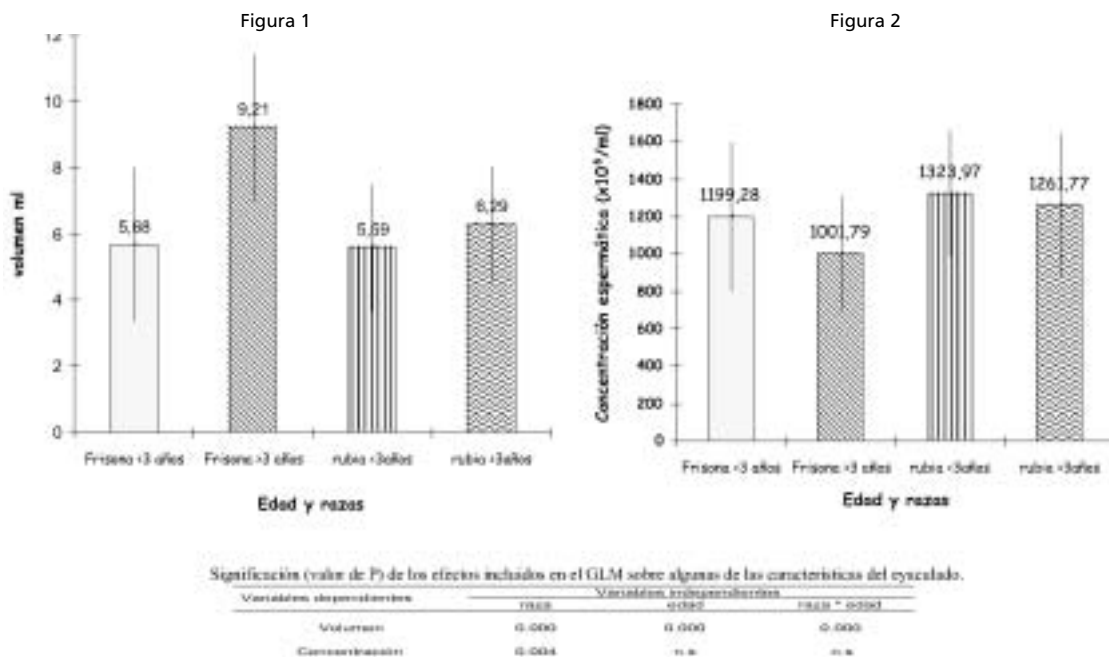


Figura 1. Medias (\pm desviación estándar) del volumen en función de la raza y edad.

Figure 1. Mean (\pm standard deviation) ejaculate volumes as a function of bull breed and age.

Figura 2. Medias (\pm desviación estándar) de la concentración de espermatozoides en función de la raza y edad.

Figure 2. Mean (\pm standard deviation) sperm concentration in the ejaculates as a function of bull breed and age.

Figura 3

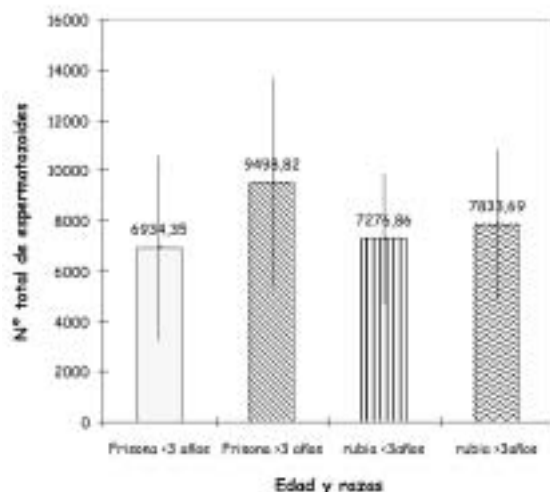
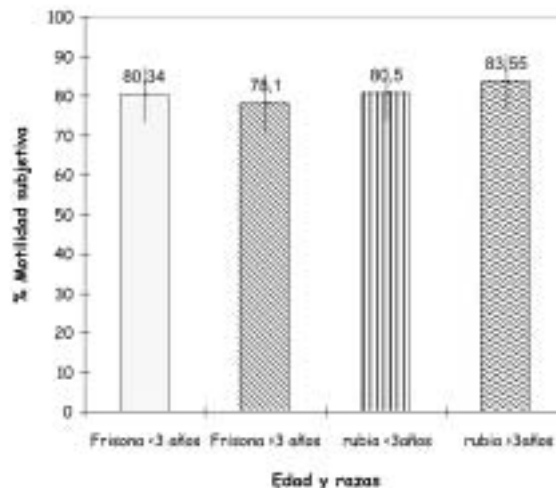


Figura 4



Significación (valor de P) de los efectos incluidos en el GLM sobre algunas de las características del eyaculado.

Variables dependientes	Variables independientes	
	edad	raza * edad
Nº total de espermatozoides	n.s	0.014
% Motilidad subjetiva	0.030	n.s
		0.040

Figura 3. Medias (\pm desviación estándar) del nº total de espermatozoides en función de la raza y edad.

Figure 3. Mean (\pm standard deviation) sperm number in the ejaculates as a function of bull breed and age.

Figura 4. Medias (\pm desviación estándar) de la motilidad subjetiva en función de la raza y edad.

Figure 4. Mean (\pm standard deviation) percentage of subjective sperm motility in the ejaculates as a function of bull breed and age.

Tabla 1. Medias (\pm desviación estándar) para el porcentaje de espermatozoides móviles, progresivos o no progresivos, en función de la raza y de la edad

Table 1. Mean (\pm standard deviation) percentages of motile spermatozoa, progressive and non progressive, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		Motilidad total (%)	Estáticos (%)	Móviles progresivos (%)	Móviles no progresivos (%)
Frisón	<3	29	Media (\pm DE)	91.04 \pm 2.98	8.96 \pm 2.98	58.59 \pm 5.64	32.45 \pm 4.77
	>3	29	Media (\pm DE)	90.79 \pm 4.20	9.21 \pm 4.20	57.28 \pm 4.59	33.51 \pm 5.48
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	89.85 \pm 4.14	10.15 \pm 4.14	57.60 \pm 5.33	32.25 \pm 5.24
	>3	31	Media (\pm DE)	91.52 \pm 4.24	8.48 \pm 4.24	59.35 \pm 5.47	32.18 \pm 5.02

Tabla 2. Medias (\pm desviación estándar) para el porcentaje de espermatozoides rápidos (VCL >110 $\mu\text{m/s}$), medios (VCL entre 60 y 110 $\mu\text{m/s}$) y lentos (VCL entre 20 y 60 $\mu\text{m/s}$), en función de la raza y de la edad

Table 2. Mean (\pm standard deviation) percentages of rapid (VCL>110 $\mu\text{m/s}$), medium (VCL between 60 and 110 $\mu\text{m/s}$) and slow spermatozoa (VCL between 20 and 60 $\mu\text{m/s}$) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		Rápidos (%)	Medios (%)	Lentos (%)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	55.91 \pm 12.19	23.38 \pm 7.79	11.74 \pm 4.25
	>3	29	Media (\pm DE)	50.89 \pm 14.27	27.23 \pm 12.65	12.67 \pm 4.22
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	54.98 \pm 12.07	24.59 \pm 8.64	10.28 \pm 2.82
	>3	31	Media (\pm DE)	53.37 \pm 12.43	27.77 \pm 10.43	10.38 \pm 3.65

Tabla 3. Medias (\pm desviación estándar) para la velocidad curvilínea en la población total de espermatozoides analizados (VCL total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (VCL lentos), medios (VCL medios) o rápidos (VCL rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 3. Mean (\pm standard deviation) values of curvilinear velocity (VCL) for the whole sperm population (VCL total) and for subpopulations of slow (VCL lentos), medium (VCL medios) and rapid spermatozoa (VCL rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		VCL total ($\mu\text{m/s}$)	VCL lentos ($\mu\text{m/s}$)	VCL medios ($\mu\text{m/s}$)	VCL rápidos ($\mu\text{m/s}$)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	128.89 \pm 16.90	38.69 \pm 3.26	91.35 \pm 5.94	162.20 \pm 11.86
	>3	29	Media (\pm DE)	126.01 \pm 19.95	40.81 \pm 2.25	93.51 \pm 2.80	161.01 \pm 13.05
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	127.78 \pm 13.85	40.02 \pm 1.95	94.62 \pm 1.79	158.55 \pm 9.44
	>3	31	Media (\pm DE)	128.34 \pm 15.95	39.88 \pm 1.94	94.28 \pm 2.42	160.76 \pm 10.89

Tabla 4. Medias (\pm desviación estándar) para la velocidad rectilínea en la población total de espermatozoides analizados (VSL total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (VSL lentos), medios (VSL medios) o rápidos (VSL rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 4. Mean (\pm standard deviation) values of straight line velocity (VSL) for the whole sperm population (VSL total) and for subpopulations of slow (VSL lentos), medium (VSL medios) and rapid spermatozoa (VSL rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		VSL total ($\mu\text{m/s}$)	VSL lentos ($\mu\text{m/s}$)	VSL medios ($\mu\text{m/s}$)	VSL rápidos ($\mu\text{m/s}$)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	82.14 \pm 11.79	17.33 \pm 2.99	54.24 \pm 6.63	106.69 \pm 9.10
	>3	29	Media (\pm DE)	78.57 \pm 15.06	17.63 \pm 2.88	56.59 \pm 5.34	102.21 \pm 12.86
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	77.68 \pm 11.12	16.77 \pm 2.60	55.50 \pm 4.19	98.38 \pm 10.88
	>3	31	Media (\pm DE)	78.46 \pm 12.14	16.54 \pm 2.81	56.76 \pm 5.91	99.23 \pm 10.68

Tabla 5. Medias (\pm desviación estándar) para la velocidad media en la población total de espermatozoides analizados (VAP total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (VAP lentos), medios (VAP medios) o rápidos (VAP rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 5. Mean (\pm standard deviation) values of average path velocity (VAP) for the whole sperm population (VAP total) and for subpopulations of slow (VAP lentos), medium (VAP medios) and rapid spermatozoa (VAP rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		VAP total ($\mu\text{m/s}$)	VAP lentos ($\mu\text{m/s}$)	VAP medios ($\mu\text{m/s}$)	VAP rápidos ($\mu\text{m/s}$)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	100.24 \pm 13.82	24.73 \pm 3.06	67.99 \pm 6.15	128.48 \pm 10.03
	>3	29	Media (\pm DE)	96.96 \pm 17.48	25.40 \pm 2.70	70.42 \pm 4.21	125.09 \pm 13.54
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	96.24 \pm 11.98	24.45 \pm 2.24	69.92 \pm 3.72	120.72 \pm 10.63
	>3	31	Media (\pm DE)	97.07 \pm 14.08	24.16 \pm 2.46	70.38 \pm 4.95	122.21 \pm 11.74

Tabla 6. Medias (\pm desviación estándar) para la linearidad en la población total de espermatozoides analizados (LIN total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (LIN lentos), medios (LIN medios) o rápidos (LIN rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 6. Mean (\pm standard deviation) values of linearity (LIN) for the whole sperm population (LIN total) and for subpopulations of slow (LIN lentos), medium (LIN medios) and rapid spermatozoa (LIN rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		LIN total (%)	LIN lentos (%)	LIN medios (%)	LIN rápidos (%)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	63.81 \pm 4.34	43.50 \pm 5.35	59.32 \pm 5.59	65.88 \pm 4.63
	>3	29	Media (\pm DE)	62.18 \pm 4.25	43.05 \pm 5.16	60.48 \pm 4.93	63.38 \pm 4.97
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	60.69 \pm 4.39	41.81 \pm 5.24	58.66 \pm 4.28	61.98 \pm 5.02
	>3	31	Media (\pm DE)	60.99 \pm 3.47	41.38 \pm 5.81	60.13 \pm 5.26	61.64 \pm 3.85

Tabla 7. Medias (\pm desviación estándar) para el índice de rectitud en la población total de espermatozoides analizados (STR total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (STR lentos), medios (STR medios) o rápidos (STR rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 7. Mean (\pm standard deviation) values of straightness (STR) for the whole sperm population (STR total) and for subpopulations of slow (STR lentos), medium (STR medios) and rapid spermatozoa (STR rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		STR total (%)	STR lentos (%)	STR medios (%)	STR rápidos (%)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	81.94 \pm 2.61	69.75 \pm 4.98	79.61 \pm 3.74	83.05 \pm 2.95
	>3	29	Media (\pm DE)	80.93 \pm 2.78	69.11 \pm 4.34	80.21 \pm 3.24	81.59 \pm 3.30
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	80.57 \pm 2.75	68.28 \pm 4.87	79.32 \pm 2.54	81.39 \pm 3.14
	>3	31	Media (\pm DE)	80.75 \pm 2.09	68.11 \pm 5.28	80.47 \pm 3.34	81.14 \pm 2.21

Tabla 8. Medias (\pm desviación estándar) para el índice de oscilación en la población total de espermatozoides analizados (WOB total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (WOB lentos), medios (WOB medios) o rápidos (WOB rápidos), en función de la raza y de la edad
 Table 8. Mean (\pm standard deviation) values of wobble index (WOB) for the whole sperm population (WOB total) and for subpopulations of slow (WOB lentos), medium (WOB medios) and rapid spermatozoa (WOB rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		WOB total (%)	WOB lentos (%)	WOB medios (%)	WOB rápidos (%)
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	77.81 \pm 3.38	62.19 \pm 4.03	74.38 \pm 4.07	79.27 \pm 3.51
	>3	29	Media (\pm DE)	76.76 \pm 2.99	62.12 \pm 3.88	75.29 \pm 3.46	77.57 \pm 3.48
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	75.26 \pm 3.47	61.04 \pm 3.73	73.90 \pm 3.74	76.08 \pm 3.93
	>3	31	Media (\pm DE)	75.49 \pm 3.01	60.52 \pm 4.57	74.60 \pm 3.86	75.93 \pm 3.49

Tabla 9. Medias (\pm desviación estándar) para la amplitud media del desplazamiento lateral de la cabeza en la población total de espermatozoides analizados (ALH total) o en subpoblaciones de espermatozoides lentos (ALH lentos), medios (ALH medios) o rápidos (ALH rápidos), en función de la raza y de la edad

Table 9. Mean (\pm standard deviation) values of the amplitude of the lateral head displacement (ALH) for the whole sperm population (ALH total) and for subpopulations of slow (ALH lentos), medium (ALH medios) and rapid spermatozoa (ALH rápidos) in the ejaculates, as a function of bull breed and age

Raza	Edad (años)	N		ALH total μ m	ALH medios μ m	ALH rápidos μ m	BCF total Hz	BCF medios Hz	BCF rápidos Hz
Frisona	<3	29	Media (\pm DE)	4.10 \pm 0.49	3.11 \pm 0.30	4.49 \pm 0.44	8.85 \pm 0.78	7 \pm 1.03	9.48 \pm 0.91
	>3	29	Media (\pm DE)	4.11 \pm 0.44	3.09 \pm 0.19	4.63 \pm 0.32	9.24 \pm 0.50	7.37 \pm 1.35	9.86 \pm 0.57
Rubia Gallega	<3	30	Media (\pm DE)	4.28 \pm 0.47	3.18 \pm 0.20	4.72 \pm 0.42	8.80 \pm 0.60	7.20 \pm 0.94	9.38 \pm 0.64
	>3	31	Media (\pm DE)	4.20 \pm 0.39	3.15 \pm 0.21	4.72 \pm 0.34	8.83 \pm 0.74	7.32 \pm 1.22	9.44 \pm 0.76

Discusión

Los toros de razas lecheras se sabe que, en general, producen eyaculados de mayor volumen que los de razas de aptitud cárnica (Cole y Cupps, 1984). Los resultados del presente estudio claramente confirman este hecho, especialmente en el caso de toros mayores de 3 años. La concentración espermática, sin embargo, fue mayor en eyaculados de toros rubios que en los de frisonas, y por tanto, el número total de espermatozoides del eyaculado resultó ser similar para ambas razas. Esto probablemente indica

que la diferencia entre las dos razas en el volumen de eyaculado se debe más a una diferencia en la cantidad de plasma seminal, emitido por las glándulas sexuales accesorias durante la eyaculación, que a una diferencia en la producción testicular. De hecho, el número total de espermatozoides presentes en el eyaculado no se vio influido por la raza, pero sí por la edad del toro. Aunque en el presente estudio no se evaluó la circunferencia escrotal o el grado de consistencia del parénquima testicular, sería de esperar que, en general, los sementales de

Tabla 10. Significación (valor de P) del efecto de la raza sobre algunos parámetros descriptores del movimiento de los espermatozoides

Table 10. Significance (P values) of the breed effect on some of the sperm movement descriptors

Raza	Significación
VCL medios	0.003
VSL rápidos	0.006
VAP rápidos	0.013
LIN total	0.005
LIN rápidos	0.001
WOB total	0.002
WOB rápidos	0.000
ALH rápidos	0.024

más de 3 años presentasen un mayor desarrollo testicular que los toros jóvenes, muchos de cuales no habrían completado su crecimiento corporal ni la maduración de sus órganos genitales. El tamaño y el peso del parénquima testicular son parámetros altamente correlacionados con el número total de células de Sertoli (Berndtson *et al.*, 1987), con la producción espermática (Coulter *et al.*, 1976; Madrid *et al.*, 1988), y con la calidad del semen (Bailey *et al.*, 1996) y fertilidad in vivo del semental (Elmore *et al.*, 1976; Coulter and Foote, 1979).

En este trabajo, la motilidad individual media del semen fresco, determinada subjetivamente, osciló entre el 78 y el 83%, mientras que el valor objetivo determinado por el CASA varió entre el 89-91%. Mediante evaluación subjetiva se tendió a subestimar el porcentaje de células móviles aproximadamente en un 10%, y esto probablemente fue debido a que los espermatozoides con menor velocidad, que el CASA clasifica como lentos, visualmente fueron considerados inmóviles. Aunque en semen fresco se han descrito variaciones de entre el 30 y el 60% en la estimación subjetiva de la motilidad en función de la experiencia del técnico (Budworth *et al.*, 1988; Amann, 1989), ésta no ha sido una fuente de variación en este estudio,

puesto que todas las muestras fueron valoradas por la misma persona.

El porcentaje de espermatozoides móviles de un eyaculado o de una dosis de semen congelado está correlacionado con la capacidad fecundante de esa muestra, pero normalmente explica una fracción muy pequeña de la variación en la fertilidad de ese semen. Sin embargo, Farrell *et al.* (1998) observaron que si se incluían colectivamente varios parámetros determinados con un sistema CASA, especialmente aquellos que mostraban mayores diferencias entre toros, en una ecuación de regresión múltiple, la correlación con la fertilidad del semen permitía explicar hasta el 98% de su varianza.

Los parámetros medios descriptores del movimiento espermático obtenidos en este estudio con el SCA 2002® para semen fresco bovino, son aplicables y repetibles en cualquier laboratorio de análisis seminal, siempre y cuando se utilicen las mismas razas y grupos de edad, así como el mismo equipo de análisis y las mismas condiciones de trabajo. Los resultados obtenidos tras el análisis de las mismas muestras de semen en distintos laboratorios y/o con diferentes equipos pueden ser muy dispares. Estas diferencias son debidas a que los distintos laboratorios pue-

den utilizar distintos settings (nº de imágenes por segundo, límites de tamaño, límites de velocidad para espermatozoides inmóviles, lentos, etc.) y distintas condiciones de análisis (temperatura, diluyentes, tamaño de muestra), pero fundamentalmente se deben a que los distintos equipos a veces utilizan algoritmos muy diferentes para calcular el mismo parámetro cinético, con lo cual es muy probable que en realidad se estén calculando parámetros distintos (Holt et al., 1994). Por otra parte, el usuario es una fuente de variabilidad tan o incluso más importante que la impuesta por las diferencias técnicas existentes entre los distintos equipos (Holt et al., 1994).

En definitiva, los valores medios de los parámetros descriptores del movimiento espermático descritos en este estudio se pretende que sirvan de consulta para los laboratorios de análisis de semen bovino y los centros de IA siempre que dispongan de las mismas razas y del mismo sistema CASA utilizado en este trabajo.

Bibliografía

- Abaigar T, Holt WV, Harrison RAP, Del Barrio G, 1999. Sperm subpopulations in boar (*Sus scrofa*) and gazelle (*Gazella dama mhorr*) semen as revealed by pattern analysis of computer-assisted motility assessments. *Biol. Reprod.* 60: 32-41.
- Amann RP, Hammerstedt RH, 1980. Validation of a system for computerized measurements of spermatozoal velocity and percentage of motile sperm. *Biol. Reprod.* 23: 647-656.
- Amann RP, 1989. Can the fertility potencial of a seminal sample be predicted accurately? *J. Androl.* 10: 89-98.
- Anzar M, Hassan MM, Graham EF, Deyo RCM, Singh G, 1991. Efficacy of the Hamilton Thorn motility analyzer (HTM-2030) for the evaluation of bovine semen. *Theriogenology* 36: 307-317.
- Bailey T, Monke D, Hudson R, Wolfe D, Carson R, Riddell M, 1996. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. *Theriogenology* 46: 881-887.
- Berndtson W, Igboeli G, Pickett B, 1987. Relationship of absolute numbers of Sertoli cells to testicular size and spermatogenesis in young bulls. *J. Anim. Sci.* 64: 241-246.
- Budworth RP, Amann RP, Chapman PL, 1988. Relationships between computerized measurements of motion of frozen thawed bull spermatozoa and fertility. *J. Androl.* 9: 41-54.
- Cole HH, Cupps PT, 1984. Reproducción de los Animales Domésticos. Ed. Acribia, Zaragoza, pp. 221-223.
- Coulter G, Rounsaville T, Foote RH, 1976. Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. *J. Anim. Sci.* 43: 10-11.
- Coulter G, Foote R, 1979. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to productive traits in cattle. *Theriogenology* 11: 297-311.
- Davis RO, Katz DF, 1993. Operational standards for CASA instruments. *J. Androl.* 14: 385-394.
- Davis RO, Drobris EZ, Overstreet JW, 1995. Applications of multivariate cluster, discriminant function and stepwise regression analysis to variable selection and predictive modeling of sperm cryosurvival. *Fertil. Steril.* 63: 1051-1057.
- Elmore R, Bierschwal C, Youngquist R, 1976. Scrotal circumference measurements in 764 beef bulls. *Theriogenology* 6: 485-494.
- Farrell PB, Presicce GA, Brockett CC, Foote RH, 1998. Quantification of bull sperm characteristics measured by computer-assisted sperm analysis (CASA) and the relationship to fertility. *Theriogenology* 49: 871-879.
- Glover FA, 1968. Physical method of measuring the mobility of bull sperm. *Nature* 219:1263.
- Holt WV, Watson PF, Curry M, Holt CH, 1994. Reproducibility of computer-aided semen

- analysis: comparison of five different systems used in a practical workshop. *Fertil. Steril.* 62 (6): 1277-1282.
- Holt WV, 1996. Can we predict fertility rates? Making sense of sperm motility. *Reprod. Dom. Anim.* 31: 17-24.
- Katz DF, Dott HM, 1975. Methods of measuring swimming speed of spermatozoa. *J. Reprod. Fertil.* 45: 263.
- Katz DF, Overstreet JW, 1981. Sperm motility assessment by video-micrography. *Fertil. Steril.* 35: 188.
- Linford E, Glover FA, Bishop C, Stewart DL, 1976. The relationship between semen evaluation methods and fertility in the bull. *J. Reprod. Fertil.* 47(2): 283-291.
- Madrid N, Ott R, Rao D, Parret D, Vanderwert W, Willms C, 1988. Scrotal circumference, seminal characteristics and testicular lesions of yearling Angus bulls. *Am. J. Vet. Res.* 49: 579-584.
- O'Connor MT, Amann RP, Saacke RG, 1981. Comparisons of computer evaluations of spermatozoal motility with Standard laboratory tests and their use for predicting fertility. *J. Anim. Sci.* 53(5): 1368-1376.
- Rodríguez-Martínez H, 2000. Evaluación del semen congelado: Métodos tradicionales y de actualidad. *Topics in Bull Fertility*. Chenoweth PJ (ed.) International Veterinary Information service. Ithaca, New York. USA.
- Saacke RG, White JM, 1972. Semen quality tests and their relationship to fertility. *Proc. 4th NAAB Tech. Conf. Artif. Insem. Reprod.*, p. 22.
- Tardif AL, Farell PB, Trouern-Trend V, Foote RH, 1997. Computer-Assited sperm analysis for assessing initial semen quality and changes during storage at 5°C. *J. Dairy Sci.* 80: 1606-1612
- Verstegen J, Iguer-Ouada M, Onclin K, 2002. Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice. *Theriogenology*, 57: 149-179.
- (Aceptado para publicación el 30 de agosto de 2005)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2006
DE LA
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

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

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2006. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 E cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2004-05-06

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 04/ 10 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	22-26 Nov. 04	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/ OCDE/AECI
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	17-28 Ene. 05	Cabrils	IAMZ/IRTA
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	26 Sep. 05/ 31 Mayo 06	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/COI/IAMZ
	DISEÑO Y ANÁLISIS DE SERIES DE ENSAYOS: MÉTODOS CLÁSICOS Y BASADOS EN QTLs	12-23 Sep. 05	Zaragoza	IAMZ/Generation Challenge Program
	AGRICULTURA DE REGADÍO SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA: GESTIÓN DE INSUMOS Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN	14-25 Nov. 05	Zaragoza	IAMZ
	HORTICULTURA INTENSIVA Y MEDIO AMBIENTE	16-20 Ene. 06	Zaragoza	IAMZ
	CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL PARA LA PLANIFICACIÓN AGRARIA Y EL MANEJO DE CULTIVOS EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	7-17 Mar. 06	Zaragoza	IAMZ/CARDA
	ALIMENTOS FUNCIONALES: BASES CIENTÍFICAS Y OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR AGROALIMENTARIO	3-7 Abr. 06	Zaragoza	IAMZ
	PRODUCCIÓN ANIMAL	PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE SANEAMIENTO GANADERO	13-17 Sep. 04	Zaragoza
TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS CÁRNICOS: SISTEMAS Y TÉCNICAS		13-17 Dic. 04	Zaragoza	IAMZ
VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE OVINOS Y CAPRINOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA. TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE MERCADO		7-18 Feb. 05	Pamplona	IAMZ/Univ. Pública de Navarra
TÉCNICAS MOLECULARES EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL		4-8 Abr. 05	León	IAMZ/Univ. León
PRODUCCIÓN ANIMAL Y GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE		2-7 Mayo 05	Fonte Boa	IAMZ/EZN
*PRODUCCIÓN ANIMAL		3 Oct. 05/9 Jun. 06	Zaragoza	IAMZ

(*) **Cursos de Especialización Postuniversitaria** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 04-05; 06-07; 08-09
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 03-04; 05-06; 07-08
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 03-04; 05-06; 07-08
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL
Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 04-05; 06-07; 08-09
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 03-04; 05-06; 07-08
- ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA:
04-05; 06-07; 08-09
- ACUICULTURA: 04-05; 06-07; 08-09

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente, Economía y gestión de la actividad pesquera y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2004. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnica finaliza el 15 de Abril 2005. El plazo de inscripción para los cursos de Producción animal y Marketing agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2005.

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

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

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	PROGRAMAS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	27 Sep./1 Oct. 04	Zaragoza	IAMZ/MMA-DGB/FAO/AECI
	*PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	4 Oct. 04/ 10 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES	24 Ene./4 Feb. 05	Zaragoza	IAMZ
	RESTAURACIÓN FORESTAL EN LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN: INNOVACIONES, CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	19-25 Sep. 05	Zaragoza	IAMZ/REACTION/CE-DGInvestigación
	NUEVAS ESTRATEGIAS PARA LA PLANIFICACIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	12-16 Dic. 05	Zaragoza	IAMZ
	MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA: MÉTODOS, TÉCNICAS Y ALTERNATIVAS DE GESTIÓN	12-16 Feb. 06	Aleppo	IAMZ/ICARDA/FAO
	DIAGNÓSTICO, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE LA SALUD DE LOS BOSQUES	20-25 Feb. 06	Zaragoza	IAMZ
	BALANCE DE CARBONO EN SISTEMAS AGRARIOS Y FORESTALES: EL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES Y LOS COMPROMISOS DEL PROTOCOLO DE KIOTO	27-31 Mar. 06	Barcelona	IAMZ/CREAF
	LOS INDICADORES AMBIENTALES COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL MEDIO RURAL	8-12 Mayo 06	Zaragoza	IAMZ
	SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DE ZONAS RURALES	12-16 Jun. 06	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL COMERCIO INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Oct. 04	Zaragoza	IAMZ/OMC
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, SISTEMAS Y REPERCUSIONES EMPRESARIALES	7-11 Mar. 05	Zaragoza	IAMZ
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y DE MERCADO	14-18 Mar. 05	Zaragoza	IAMZ
	MARKETING DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN FRESCO	11-22 Abr. 05	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING EN EL MERCADO INTERNACIONAL DEL VINO	16-20 Mayo 05	Zaragoza	IAMZ
	*MARKETING AGROALIMENTARIO	3 Oct. 05/9 Jun. 06	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y AGRICULTURA	DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE ENFERMEDADES DE PECES EN ACUICULTURA MARINA MEDITERRÁNEA	13-24 Sep. 04	Santiago de Compostela	IAMZ/Univ. Santiago de Compostela
	*ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA	27 Sep. 04/ 18 Mar. 05	Barcelona	Univ. Barcelona/ MAPA/FAO/IAMZ
	*ACUICULTURA	6 Oct. 04/ 8 Abr. 05	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	DISEÑO Y GESTIÓN DE CRIADEROS DE MOLUSCOS BIVALVOS	14-19 Feb. 05	Zaragoza	IAMZ/FAO
	ESTABLECIMIENTO Y GESTIÓN DE AREAS MARINAS PROTEGIDAS DE INTERÉS PESQUERO	7-12 Mar. 05	Palma de Mallorca	IAMZ/IEO
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	13-24 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ/AECI
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS DEL MAR: SISTEMAS Y TÉCNICAS	17-21 Oct. 05	Zaragoza	IAMZ/FAO
	MEJORAS TECNOLÓGICAS EN ARTES DE PESCA PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE	6-10 Feb. 06	Zaragoza	IAMZ
	ACUICULTURA MEDITERRÁNEA Y GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	24-28 Abr. 06	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
CULTIVO DE ALGAS MARINAS: TÉCNICAS, USOS Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO	22-26 Mayo 06	Zaragoza	IAMZ	

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de inscripción pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org
www.iamz.ciheam.org

INFORMACIÓN PARA AUTORES

De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) ITEA publica artículos que hagan referencia a los distintos aspectos de las ciencias agro-alimentarias, cuyo contenido sean resultados obtenidos, descripción de métodos, técnicas o materiales, presentación de nuevas ideas, etc. El envío de un artículo para que se considere su publicación en ITEA implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión y ha de indicarse expresamente en la carta que acompaña al artículo original. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión, una vez aceptado el artículo. Sólo los resúmenes de los mismos podrán ser reimpresos.

Se enviarán tres copias en una versión reciente de Word para Windows. La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, tablas y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente. Los autores deberán aceptar cualquier modificación editorial en la presentación de los artículos. Los artículos se remitirán a evaluadores expertos en el tema y el autor recibirá las indicaciones que deberán ser atendidas. En caso de desacuerdo, el autor deberá justificarlo debidamente por escrito. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete o por correo electrónico. Terminado el proceso de evaluación, se enviará una carta de aceptación al remitente. Los autores recibirán las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Editor.

La publicación de un artículo de ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado. Una vez publicado, los autores recibirán 25 separatas del artículo. El autor podrá encargar separatas adicionales, en cuyo caso se le informará previamente del coste que correrá por cuenta del propio autor. Los originales serán mecanografiados en castellano y enviados a:

Sr. Director de la Revista ITEA
Apartado 202
50080 ZARAGOZA

Los originales deberán mecanografiarse a doble espacio en hojas de tamaño DIN A4, dejando márgenes amplios. Cada página estará numerada, utilizándose hojas separadas para las referencias bibliográficas, las tablas, las figuras y los pies de figuras.

Al principio de cada trabajo se indicará:

- Título. El título no deberá incluir abreviaturas ni fórmulas químicas (excepción de los símbolos químicos para indicar isótopos), y se procurará que sea lo más breve posible.
- Apellido del autor o autores, precedidos de las iniciales del nombre.
- Dirección postal, indicando el autor a quien se va a dirigir la correspondencia, el teléfono y su dirección de correo electrónico.

En la redacción de los trabajos se deberá prestar atención especial al estilo, puntuación, disposición lógica y jerárquica de títulos y subtítulos y al empleo de abreviaturas, las cuáles no deberán utilizarse en el resumen; en el texto deberán aparecer juntas la abreviatura y el nombre completo la primera vez que aparezcan. Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades

Dada la diversidad de las colaboraciones que pueden interesar a los lectores de ITEA, se mantendrá un criterio amplio en cuanto se refiere al plan de redacción de los mismos. En general se procurará mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados. Se evitará la separación innecesaria de parte del texto en forma de anexos. Todas las colaboraciones constarán en primer lugar de un resumen corto de unas 200 a 250 palabras. Dicho resumen deberá ser comprensible por sí mismo y sin referencias al artículo. Tras el resumen se incluirán las palabras clave, separadas por comas, que sin exceder el número de seis podrán incluir el nombre científico y vulgar de las especies objeto de estudio y la técnica relevante utilizada. En lo posible se evitará incluir palabras que ya figuren en el título y en el resumen, tratando de utilizar sinónimos y palabras derivadas. Además, se adjuntará la traducción al inglés del título, del resumen y de las palabras clave.

En el caso de artículos experimentales, se seguirán los siguientes apartados: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión. La introducción deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, utilizando un vocabulario preciso y directo. Deberá asimismo, quedar claro qué partes del artículo representan contribuciones propias y cuáles corresponden a aportaciones de otros trabajos. Se podrá incluir un apartado de Agradecimientos antes de la Bibliografía.

Los trabajos experimentales de extensión reducida, podrán publicarse como Nota Técnica. No excederán de 2.000 palabras, incluidos tablas o ilustraciones y deberán incluir la traducción al inglés del Título, Resumen y Palabras Clave.

Además:

- los nombres latinos de géneros, especies y nombres de variedades deben ponerse en cursiva. Los nombres de cultivares entre comillas simples (p.ej., 'Sugar Baby')

- los nombres de los productos químicos deben comenzar con minúsculas (p. ej., progesterona en vez de Progesterona; sulfato de metilo en vez de Sulfato de Metilo).
- los nombres y fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej., H₂SO₄ en vez de SO₄H₂) y los comerciales se escribirán con la inicial en mayúscula (p.ej., Foligón, Sincrozoo, etc.);
- las llamadas en nota a pie de página o cuadro, que deberán ser las menos posibles y, en todo caso, hechas mediante números correlativos entre paréntesis; ejemplo (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo
- el nivel de significación estadística, * = p<0,05; ** = p<0,01; ***= p<0,001; NS = no significativo, no necesitan explicación.

Tablas y Figuras

- El número de tablas y figuras será reducido al mínimo necesario, y los datos no deben ser presentados al mismo tiempo en forma de tabla y de figura.
- Las tablas, dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben acompañarse separadamente al texto, aunque señalando su emplazamiento aproximado. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben incluirse como figuras. Las tablas y figuras deben llevar numeración diferente y estar citadas en el texto.
- Los encabezamientos de tablas y los pies de figura deben redactarse de modo que el sentido de la ilustración pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Además, se deberá incluir su traducción al inglés. Los gráficos, dibujos y mapas serán presentados con la mayor calidad posible y en blanco y negro excepto en casos excepcionales que deberán ser aceptados por la revista.

Bibliografía

Sólo deberán citarse aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Los autores deben evitar las relaciones exhaustivas de referencias, salvo en el caso de revisiones bibliográficas.

Las referencias en el texto deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos: (Padilla, 1974), (Vallace y Raleigh, 1967), (Vergara et al., 1994). Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo: Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en la Bibliografía la primera vez. Las referencias múltiples se harán según se indica en el siguiente ejemplo: (Martinez et al., 1971 y 1979; Ayala y Ortega, 1977). Cuando de un mismo autor o autores exista más de una referencia del mismo año de publicación, se distinguirán unas de otras añadiendo una letra del alfabeto, en minúscula y comenzando por a, al año de publicación (Lorenzo, 1966a; Aparisi, 1970a y b). Si las citas deben hacerse formando parte de la frase en el texto, sólo el año de publicación figurará entre paréntesis: ... como indicaban Gómez et al. (1969) ...

Al final del trabajo y precedida del apartado Bibliografía se hará constar una lista de todas las referencias utilizadas en el texto. Esta lista deberá ordenarse alfabéticamente según el nombre del primer autor de cada trabajo referido. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor, éstos se ordenarán por orden cronológico. En el caso de menciones como "Comunicación personal", "Resultados no publicados", éstas no se harán constar en la Bibliografía.

Ejemplos:

Artículos en revistas:

Demarquilly C, 1969. Valeur alimentaire du maïs fourrage. I.Composition chimique el digestibilité du maïs sur pied. Ann. Zoo-
tech. 18: 17-32.

Herrero J, Tabuenca MC, 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei 8: 154-167.

Tabuenca MC, 1968a. Necesidades de frío invernal de variedades de peral. An. Aula Dei 9: 1-9.

Tabuenca MC, 1968b. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero. An. Aula Dei, 9: 10-24.

Vallace JD, Raleigh RJ, 1967. Protein intake and exercise for pregnant heifers. J. Anim. Sci. 26: 931-936.

Vergara H, Gallego L, Molina A, Torres A, 1994. Efecto del nivel de reservas corporales de las ovejas en el parto y del tipo de cría sobre el crecimiento de corderos de raza manchega. ITEA 90: 73-80.

Comunicaciones de Congresos:

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

Capítulos de libros:

Gamborg OL, 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: IK Vasil (Ed.). Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, 825 pp. Academic Press, USA

Para obtener información adicional envíe un mensaje a: mferruz@aragob.es

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

Dirección postal

Teléfono

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

Área en que desarrolla su actividad profesional

CUOTA ANUAL:

Firma.

ITEA 30 €

FORMA DE PAGO:

Cargo a cuenta corriente o libreta

Cargo a tarjeta

Cheque bancario

VISA

Tarjeta número:

MASTERCARD

Fecha de caducidad: /

SR. DIRECTOR DE.....

Muy Sr. mío:

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

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS:

SUCURSAL:

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: N.º

CÓDIGO POSTAL:

POBLACIÓN:

