

Sumario

Producción Animal

- Estudio del postparto en la raza bovina "Rubia Gallega"
Postpartum evaluation in rubia Gallega Breed
J.J. Becerra, L.A. Quintela, C. Díaz, C. Rey, S. Gracia, P.G. Herradón 421

Producción Vegetal

- Densidad floral, cuajado y características de los frutos del almendro en relación al tipo de ramificación
Bloom density, fruit set and fruit traits in almond as related to the type of fruiting branches
O. Kodad y R. Socias i Company 433
- Consecuencias del manejo integrado de malas hierbas sobre la organización del trabajo y la rentabilidad económica de la explotación agrícola
Effects of integrated weed control on labour organization and economic profitability of farms
G. Pardo, M.J. Riravololona, M.S. Petit, P. Farcy, N. Munier-Jolain 448
- Obtención de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) a partir de plantación cultivada, en terreno tradicional de regadío
Black truffle (Tuber melanosporum Vitt.) obtention in a mycorrhized oak orchard of a traditional irrigated land
C. Palazón, I. Delgado, J. Barriuso, S. Sánchez, C. Asensio 472
- Aislamiento y cultivo de protoplastos del patrón ciruelo 'Mariana 2624' (*Prunus cerasifera* Ehrh x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick)
Isolation and culture of protoplasts from the plum rootstock 'Marianna 2624' (Prunus cerasifera Ehrh x P. munsoniana W. Wight & Hedrick)
P. Andreu, A. Arbeloa, N. Terrén, J.A. Marín 482

Relación de artículos publicados en ITEA durante 2008

ITEA 104 (1)

Producción Vegetal

Influencia de diferentes patrones de cerezo en el comportamiento agronómico y calidad del fruto de las variedades 'Summit' y 'Sunburst'

Influence of different sweet cherry rootstocks in the agronomic behaviour and fruit quality of the varieties 'Summit' and 'Sunburst'

M.J. Serradilla, M.A. Manzano, J.R. Mateos, F. Pérez, J. Prieto, V. Alarcón, M. López-Corrales 3

Aplicación poscosecha de 1-metilciclopropeno en peras

Postharvest application of 1-methylcyclopropene on pears

M.A. Chririboga, Y. Soria, C. Larrigaudière, I. Recasens 12

Características de calidad y composición de distintos cultivares de coliflor con destino al procesado mínimo

Quality characteristics of cauliflower cultivars for minimal processing

A. Simón 31

Producción Animal

Características de la canal de los tipos comerciales de cordero lechal, ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina

Carcass characteristics of the commercial types of suckling lamb, light lamb and castrated lamb of Churra Tensina breed

A. Sanz, J. Álvarez-Rodríguez, L. Cascarosa, G. Ripoll, S. Carrasco, R. Revilla, M. Joy 42

Fe de erratas

En el artículo titulado "Características de calidad y composición de distintos cultivares de coliflor con destino al procesado mínimo" del vol. 104 (1), en la tabla 3, los resultados deben expresarse en (mg ácidoclorogénico/g MS).

ITEA 104 (2)

Genética Molecular Aplicada: Nuevas aplicaciones de la Genética Molecular, Genómica, Transcriptómica y Proteómica

Genética Molecular Aplicada: Nuevas Aplicaciones de la Genética Molecular, Genómica, Transcriptómica y Proteómica

Applied Molecular Genetics: New Applications of the Molecular Genetics, Genomic, Transcriptomic and Proteomic

A. Reverter 73

Análisis del genoma ovino para la identificación de QTL con influencia sobre caracteres de morfología mamaria: resultados preliminares

Analysing the ovine genome to detect QTL for mammary morphology: preliminary results

B. Gutiérrez Gil, M. El Zarei, L. Álvarez, L.F. de la Fuente, Y. Bayón, F. San Primitivo, J.J. Arranz 83

Estudio de expresión diferencial de genes y distribución de la vinculina en ovario de cerdas <i>Study on the differential gene expression and distribution of the vinculin in the ovary of sows</i>	
M. Martínez-Giner, R.N. Pena, J. Casellas, I. Balcells, A. Fernández, J.L. Noguera	89
Estudio de la secuencia completa del ADN mitocondrial de 4 razas porcinas para el desarrollo de una herramienta molecular que certifique el origen materno en el ámbito de la norma de calidad del cerdo Ibérico <i>Study of the complete sequence of DNA mitochondrial of 4 pigs breeds to develop a molecular tool and certification of the maternal origin in the legal framework about Iberian Pig</i>	
A. Membrillo, I. Clemente, P.J. Azor, C. Avilés, A.M. Jiménez, E. Santos, A. Rodero, G. Dorado, A. Molina	94
Luces y sombras del análisis de expresión génica utilizando microarrays. Un ejemplo en cerdo ibérico <i>Lights and darkness of gene expression analysis using microarrays: an example in Iberian pigs</i>	
A.I. Fernández, C. Óvilo, A. Fernández, C. Barragán, M.A. Toro, C. Rodríguez, L. Silió	99
Mutaciones adyacentes a los codones 136 y 171 del gen PrnP ovino afectan al protocolo diagnóstico basado en RT-PCR acoplado a sondas fluorescentes <i>Adjacent mutations to ovine PrnP codons 136 and 171 affect performance of the diagnostic protocol based on RT-PCR coupled to fluorescence probes</i>	
A. Traoré, L.J. Royo, I. Álvarez, I. Fernández, J.P. Gutiérrez, C. Rincón, L. Pérez-Pardal, F. Goyache	106
Análisis de agrupamiento de cerdos Ibéricos, Duroc y de sus cruces <i>Cluster analysis of Iberian, Duroc and crossed pigs</i>	
S.T. Rodríguez-Ramilo, J. Fernández, M.A. Toro	110
Nuevos criterios de selección y metodologías de Valoración Genética	
Criterios de selección. Lecciones que se han de sacar del pasado para nuevas perspectivas <i>Selection criteria; lessons from the past for future prospects</i>	
L. Bodin	116
Estimación de parámetros genéticos para la producción de leche y sus componentes en la raza caprina Papoya mediante técnicas de Regresión Aleatoria <i>Estimates of genetic parameters of milk yield and milk composition using random regression model in Payoya goat</i>	
A. Menéndez-Buxadera, F. Romero, O. González, F. Arrebola, A. Molina	127
Aplicación de un modelo de regresión aleatoria para la estimación de los parámetros genéticos del rendimiento deportivo en caballos jóvenes de la raza Trotador Español: resultados preliminares <i>Application of a random regression model for genetic parameters estimation of race performance in young Spanish Trotter horses: Preliminary analysis</i>	
M.D. Gómez, M. Valera, A. Molina, A. Menendez-Buxadera	133
Evaluación genética para caracteres de valoración subjetiva en la raza Pirenaica <i>Genetic evaluation for subjective traits in the Pirenaica Breed</i>	
L. Varona, C. Moreno, J. Altarriba	139
Influencia genética y de los aplomos sobre la longevidad de cerdas Duroc <i>Effect of leg conformation of Duroc sow longevity</i>	
X. Fernández de Sevilla, E. Fàbrega, J. Tibau, J. Casellas	145
Efecto fenotípico del alelo BMP15/Fecx ^R en la prolificidad de la población de Carnes Oviaragon S.C.L. <i>Phenotypic effect of the BMP15/Fecx^R allele in prolificacy of the CarnesOviaragon S.C.L. population</i>	
J.J. Jurado, A. Martínez-Royo, J.H. Calvo	149
¿Pueden usarse animales cruzados en selección genómica? <i>¿Can crossbred animals be used for genomic selection?</i>	
N. Ibáñez-Escriche, R.L. Fernando, J.C.M. Dekkers	155

Interacción genotipo x tipo de dosis de inseminación artificial para la fertilidad del macho de conejo <i>Genotype x dose of artificial insemination interaction for buck fertility</i>	
M. Piles, Ll. Tusell, M. García-Tomás, M. López-Bejar, I. García-Ispuerto, J.Ramon, O. Rafel, M. Baselga	160
Moderado antagonismo genético entre rendimiento en piezas nobles y contenido en grasa intramuscular en cerdos Ibéricos <i>Limited genetic antagonism between premium cuts yield and intramuscular fat content in Iberian pigs</i>	
J. García-Casco, A. Fernández, E. de Pedro, C. Rodríguez, L. Silió	169
Efecto de la consanguinidad sobre la longevidad de cerdas Landrace <i>Effect of inbreeding on the longevity of Landrace sows</i>	
J. Casellas, L. Varona, N. Ibáñez-Escriche, J.L. Noguera	175
Asociación entre el picaje de la cloaca y la asimetría fluctuante en gallinas <i>Association between vent pecking and fluctuating asymmetry in hens</i>	
M.T. Prieto, J.L. Campo, S.G. Dávila	180
Esquemas de Selección y Mejora. Aspectos organizativos y limitantes en nuestro país	
Objetivos, organización y factores limitantes de los programas de selección de las razas autóctonas en España <i>Objectives, organization and limiting factors of selection programs for indigenous breeds in Spain</i>	
Trabajo colectivo coordinado por J.M. Serradilla	186
Resultados preliminares del efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes en cabras de raza Payoya <i>Preliminary results of the effect of temperature and relative humidity on milk yield and components in Payoya breed goats</i>	
F. Romero, A. Molina, O. González, I. Clemente, F. Arrebola, A. Menéndez-Buxadera	243
Identificación genética y control genealógico en equinos mediante secuencias microsatélites de ADN <i>Genetic identification and pedigree control on horses through microsatellite DNA sequences</i>	
J.A. Bouzada, J.M. Lozano, M.R. Maya, B. Ossorio, A. Trigo, M. Estévez, T. Mayoral, E. Anadón, C. Gómez-Tejedor	249
Efecto semental x ganadería en la estimación de parámetros genéticos en caracteres de tamaño en el caballo Pura Raza Español: Resultados preliminares <i>Sire x stud effect on estimation of genetic parameters for body traits in Spanish Purebred horse: Preliminary results</i>	
M.D. Gómez, M. Valera, A. Molina, F. Goyache	256
Influencia de los factores ambientales en el rendimiento deportivo del caballo en pruebas objetivas de rendimiento funcional (Salto de Obstáculos) <i>Influence of environmental factors on the sport performance of the horse, in an objective selection test (Show Jumping)</i>	
E. Bartolomé, I. Cervantes, M.D. Gómez, A. Molina, M. Valera	262
Mejora genética y gestión de poblaciones pequeñas	
Mejora genética y gestión de poblaciones pequeñas <i>Genetic improvement and management of small populations</i>	
M.A. Toro, A. Caballero, J. Fernández	268
Análisis de la variabilidad y relaciones filogenéticas de las razas equinas autóctonas españolas de aptitud cárnica a partir del ADN mitocondrial <i>Genetic variability and phylogenetic relationships of the autochthonous horse breed for meat production based on mitochondrial DNA</i>	
P.J. Azor, M.D. Gómez, F. Romero, J. Jordana, M.E. Alonso, M. Valera	283

Diferenciación genética entre dos subpoblaciones de cabra de raza Bermeya de Asturias <i>Genetic differentiation between two geographic subpopulations of Bermeya goat</i>	
I. Álvarez, L.J. Royo, I. Fernández, J.P. Gutiérrez, L. Pérez-Pardal, V. Guerra, C. Rincón, A. Traoré, F. Goyache	290
Análisis preliminar de la estructura genética del Merino: situación de las estirpes tradicionales mediante análisis genealógico y molecular <i>Preliminary assessment of population structure of Spanish Merino Breed: traditional strain situation using genealogical and molecular analysis</i>	
P.J. Azor, I. Cervantes, M. Valera, J.J. Arranz, C. Medina, J.P. Gutiérrez, F. Goyache, A. Muñoz, A. Molina	295
El cociente entre incrementos de endogamia y de coascendencia como medida de subdivisión poblacional. Resultados preliminares <i>Ratio between inbreeding and coancestry rates as a measure of population subdivision. Preliminary results</i>	
I. Cervantes, F. Goyache, J.P. Gutiérrez	303
Tres pesquisas sobre el origen del <i>Manchado de Jabugo</i> <i>Three inquiries into the origin of Manchado de Jabugo pigs</i>	
E. Alves, A.I. Fernández, M.C. Rodríguez, C. Ovílo, L. Silió	308
Caracterización de la diversidad genética intrarracial del cerdo Ibérico <i>Intra-breed genetic diversity characterization of the Iberian pig</i>	
I. Clemente, A. Membrillo, P.J. Azor, O. Polvillo, M. Juárez, E. Santos, A.M. Jiménez, E. Diéguez, A. Molina	314
Estimación de las relaciones genéticas entre razas caprinas españolas y criollas utilizando microsatélites <i>Estimation of genetic relationships between Spanish and Creole goat breeds using microsatellite markers</i>	
P.J. Azor, M. Valera, J. Sarria, J.P. Avilez, J. Nahed, M. Delgado, J.M. Castel	323

ITEA 104 (3)

Producción Vegetal

Efectos de la aplicación de la nueva PAC y la Directiva Marco de Aguas en el regadío. El caso de la comarca de Arévalo-Madrigal (Ávila) <i>Effects of the application of the new CAP and the Water Framework Directive in irrigated agriculture. The case of Arévalo-Madrigal (Ávila) county</i>	
J. Gallego y J.A. Gómez-Limón	335
Reutilización del sustrato agotado en la producción de hongos comestibles cultivados <i>Reuse of spent mushrooms substrates in edible mushrooms production</i>	
A. Pardo Giménez	360
EMR 1.0: Herramienta al servicio de la vigilancia agroambiental del regadío <i>EMR 1.0: Tool at the service of environmental surveillance of irrigated land</i>	
Jesús Causapé Valenzuela	369

Producción Animal

Comparación del crecimiento y la canal de diferentes tipos genéticos de pollos criados en régimen semiextensivo en la provincia de Soria <i>Poultry genetic type's growth and carcass comparison for semiextensive housing systems in the region of Soria (Spain)</i>	
José Angel Miguel, Jesús Ciria, Begoña Asenjo, José Luis Calvo, Alicia Gómara, Amadeu Francesch	381
Papel del β -caroteno y la vitamina A en la reproducción en el ganado vacuno: revisión <i>Role of β-carotene and A vitamin in bovine reproduction: a review</i>	
L.A. Quintela, C. Díaz, J.J. Becerra, G. Alonso, S. Gracia, P.G. Herradón	399

ITEA 104 (4)**Producción Animal**

- Estudio del postparto en la raza bovina "Rubia Gallega"
Postpartum evaluation in rubia Gallega Breed
 J.J. Becerra, L.A. Quintela, C. Díaz, C. Rey, S. Gracia, P.G. Herradón 421

Producción Vegetal

- Densidad floral, cuajado y características de los frutos del almendro en relación al tipo de ramificación
Bloom density, fruit set and fruit traits in almond as related to the type of fruiting branches
 O. Kodad y R. Socias i Company 433
- Consecuencias del manejo integrado de malas hierbas sobre la organización del trabajo y la rentabilidad económica de la explotación agrícola
Effects of integrated weed control on labour organization and economic profitability of farms
 G. Pardo, M.J. Rivavololona, M.S. Petit, P. Farcy, N. Munier-Jolain 448
- Obtención de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) a partir de plantación cultivada, en terreno tradicional de regadío
Black truffle (Tuber melanosporum Vitt.) obtention in a mycorrhized oak orchard of a traditional irrigated land
 C. Palazón, I. Delgado, J. Barriuso, S. Sánchez, C. Asensio 472
- Aislamiento y cultivo de protoplastos del patrón ciruelo 'Mariana 2624' (*Prunus cerasifera* Ehrh x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick)
Isolation and culture of protoplasts from the plum rootstock 'Marianna 2624' (Prunus cerasifera Ehrh x P. munsoniana W. Wight & Hedrick)
 P. Andreu, A. Arbeloa, N. Terrén, J.A. Marín 482

Estudio del postparto en la raza bovina "Rubia Gallega"

J.J. Becerra, L.A. Quintela, C. Díaz, C. Rey, S. Gracia, P.G. Herradón

Departamento de Patología Animal. Reproducción y Obstetricia. Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, Spain

Resumen

La Rubia Gallega es una raza de aptitud cárnica, explotada de forma tradicional en los sistemas agropecuarios gallegos. Como en la mayoría de razas autóctonas de España, se desconocen muchas de las peculiaridades de su fisiología reproductiva. Por ello, en este trabajo hemos estudiado el período de postparto en esta raza, con objeto de conocer cómo se desarrolla el reinicio de la actividad ovárica y la involución uterina en condiciones de explotación tradicional de Galicia.

Para este fin, se practicaron ecografías transrectales y se tomaron 2 muestras de sangre semanales a 49 vacas a lo largo de los primeros 75 días postparto. En las muestras de sangre se analizaron los niveles de progesterona en suero, mientras que por ecografía se determinaron las estructuras presentes en los ovarios y el grado de involución uterina. También fueron recogidos parámetros reproductivos básicos (intervalos parto-celo, parto-primera inseminación y parto-gestación y número de inseminaciones por gestación).

Tras el análisis de los resultados se comprobó que los animales pertenecientes a esta raza, presentan una recuperación postparto relativamente rápida, finalizando la involución uterina a los $29,5 \pm 1,0$ días, mientras que el reinicio de la actividad ovárica cíclica se producía a los $49,5 \pm 2,2$ días. Esta buena recuperación se refleja posteriormente en un intervalo parto gestación de tan solo $110,7 \pm 10,6$ días, lo que permite la obtención de un ternero cada 400 días.

Palabras clave: Vaca de carne, postparto, actividad ovárica, involución uterina.

Summary

Postpartum evaluation in rubia Gallega Breed

The bovine breed Rubia Gallega is a beef cattle kept under traditional management systems in herds of the community of Galicia, Spain. Such most of native Spanish breeds, lots of reproductive physiological peculiarities in Rubia Gallega are not known yet. For this reason we have studied the postpartum period in Rubia Gallega breed with the intention of knowing how the restart of the ovarian activity is developed and uterine involution under traditional management systems.

In aim to study this aspects, twice weekly, transrectal echographies and blood samples were taken in 49 cows during the first seventy-five days after calving. In the blood samples the levels of progesterone in serum were analyzed, while ovaric structures and progress of uterine involution were determined with the echographic study. Also basic reproductive parameters were registered (interval partum-first heat, interval partum-first service, interval partum-conception and number of artificial inseminations (AI) per gestation).

After results analysis we can verify that cows of Rubia Gallega breed have a quick recovery. The uterine involution finished $29,5 \pm 1,0$ days after calving, while the cyclic ovarian activity restart could be $49,5 \pm 2,2$ days. This good recovery was shown with a short interval between calving and next gestation which is $110,7 \pm 10,6$ days; with this interval could obtain one calf per cattle each 400 days.

Key words: Beef Cattle, Postpartum, Ovarian activity, Uterine involution.

Introducción

En todos los países de la Unión Europea han surgido, en los últimos años, sectores emergentes que demandan productos de alta calidad, en los que el consumidor está dispuesto a pagar una cantidad suplementaria por un producto de calidad, certificado y en sistemas de producción respetuosos con el medio ambiente.

Estos nuevos sistemas de producción apuestan por el empleo de razas autóctonas que están perfectamente adaptadas a las condiciones medioambientales de su entorno y que reportan productos de excelente calidad y reconocimiento social.

La raza bovina Rubia Gallega es una de esas múltiples razas autóctonas explotadas de forma tradicional en los sistemas agropecuarios gallegos. Sin embargo, uno de los problemas con los que se encuentran los productos de estas razas es el escaso conocimiento sobre las peculiaridades fisiológicas de cada una de ellas. Es por tanto necesario realizar un profundo estudio sobre cuestiones ampliamente conocidas en otras razas, pero desconocidas en éstas y que pueden condicionar los sistemas de explotación, y en definitiva, la rentabilidad económica de las producciones.

El período de postparto en una vaca es un momento crítico que condicionará enormemente la rentabilidad de sus producciones. Es un tiempo de transición en el que se debe recuperar la funcionalidad del eje hipotálamo-hipofisis-ovario, produciéndose el reinicio de la actividad ovárica cíclica, así como la involución uterina.

El proceso de involución uterina que se produce en el postparto se ve afectado por numerosos factores, y condiciona de forma notable tanto el restablecimiento de la actividad ovárica cíclica, como, en definitiva, la fertilidad. En el ganado vacuno la involución uterina tarda en completarse entre 25 y 35

días (Mukasa-Mugerwa, 1989; LECH *et al.*, 1998) y va a depender, sobre todo, de las contracciones miométricas estimuladas por la acción combinada de la $PGF2\alpha$, estrógenos y la oxitocina (Edqvist *et al.*, 1978; Bondurant, 1999). Así, se han mencionado factores como el número de parto (El-Din Zain *et al.*, 1995), la raza (Rao, 1980), el tipo de parto (Stevenson, 1997), el peso al nacimiento del ternero (Stevenson, 1997), la retención de membranas fetales (Van Werven *et al.*, 1992) y la estación de parto (El-Din Zain *et al.*, 1995), que pueden afectar al proceso de la involución uterina.

Stevenson (2000) observó, en vacas de aptitud láctea, que el intervalo entre el parto y la primera ovulación era de 43 días, comprobando además que el 38% de las hembras analizadas se encontraban en anestro a los 60 días de postparto. En vacuno de aptitud cárnica que amamantan sus crías se han citado amplios rangos de variación para este carácter, desde pocas semanas hasta varios meses, en función de los sistemas de amamantamiento (Yavas y Walton, 2000; Sanz *et al.*, 2003).

Las primeras semanas del postparto son necesarias para que se produzca la involución uterina, para que se recuperen las reservas hipofisarias de LH y para que se reanuden las oleadas de crecimiento folicular. Sin embargo, el efecto de la succión del ternero a nivel de la mama y la estimulación de la zona inguinal provoca una supresión de la liberación pulsátil de LH, provocando un fallo en la ovulación y prolongando el anestro postparto (Yavas y Walton, 2000).

La ausencia de pulsos de LH en las primeras etapas del postparto parece debida a la depleción de los almacenes hipofisarios de LH (Nett *et al.*, 1987 y 1988), esta primera fase es independiente de que exista o no amamantamiento (Nett, 1987). Por lo tanto, un destete precoz no inicia los pulsos de LH y la ovulación hasta que los almacenes hipofisarios se hayan recuperado. Superada esta fase, la

ausencia de pulsos de LH parece dependiente del amamantamiento (Nett, 1987). Así, el destete completo, el destete temporal (48 a 96 horas) o el destete parcial (amamantamiento restringido a una o dos veces al día) aumenta la frecuencia de los pulsos de LH (Griffith y Williams, 1996; Stagg et al., 1998) produciéndose la ovulación a los pocos días (Bell et al., 1998; Lamb et al., 1999).

Algunos factores tales como la edad, el número de partos, la producción lechera, la estación de parto, la presencia o ausencia de toros, el retraso en la involución uterina, las distocias y el estado sanitario del animal, influyen en mayor o menor medida el reinicio de la actividad ovárica cíclica (Morrow et al., 1969; MacMillan y Clayton, 1980; Oyedipe et al., 1982; Peters, 1984; Galina y Arthur, 1989). Sin embargo, se considera que los principales factores que afectan a este parámetro son la alimentación, el amamantamiento y la raza (Short y Adams, 1988; Randel, 1990; Sanz et al., 2003)

Así Sanz et al. (2003) describieron diferencias de 50 días en Pardo Alpina en función del sistema de amamantamiento (31,8 en amamantamiento restringido frente a 82,7 en amamantamiento libre), sin embargo no pudieron demostrar esas diferencias en vacas de raza Pirenaica especializadas en la producción cárnica.

Estos mismos autores describieron un marcado efecto de la interacción de la frecuencia de amamantamiento y de la raza. Así en condiciones de amamantamiento restringido no observaron diferencias en el Intervalo anestro postparto entre una raza de aptitud láctea (Brown Suiss) y una raza especializada en la producción cárnica (Pirenaica). Sin embargo, cuando los terneros tenían libre acceso al amamantamiento, el intervalo de anestro postparto se retrasaba notablemente en las vacas de aptitud láctea y no en las de aptitud cárnica.

Por todo ello los objetivos de este estudio han sido: caracterizar el reinicio de la actividad ovárica y la dinámica folicular en el postparto de hembras bovinas de raza Rubia Gallega y determinar cuál es la duración de la involución uterina en hembras de esta raza.

Material y métodos

Animales

Para la realización del presente estudio se emplearon 49 hembras bovinas, de entre 1 y 11 partos (tabla 1), de raza Rubia Gallega distribuidas en 15 explotaciones de la provincia de Lugo.

Tabla 1. Distribución de los animales en función del número de partos
Table 1. Animals distribution depending on number of calving

Nº de partos	Frecuencia
1	9
2	4
3	2
4	7
5	8
6	7
7	3
8	5
9	2
11	2

Los datos pertenecían a animales inscritos en el Libro Genealógico de la raza Rubia Gallega, explotadas en sistemas de producción tradicional de Galicia, cubiertas mediante inseminación artificial y practicándose en todas ellas la detección de celos por observación directa de los animales. Todas ellas habían tenido un parto eutócico.

La alimentación de las vacas se basaba en el pastoreo durante las horas del día en primavera y verano, siendo estabuladas durante la noche. Durante el otoño y el invierno, la base de la ración era el heno y/o ensilado, debido a que los animales no salían a los pastos.

Para descartar la posible influencia de la alimentación sobre los parámetros estudiados, en el mes previo al parto, en el parto y en los cuatro primeros meses del postparto, todos los animales del estudio fueron sometidos a una valoración subjetiva de la condición corporal (escala de 1 a 5) y se recogió la medida del perímetro torácico de las mismas. Se comprobó que los animales no presentaban ni pérdida de condición corporal, ni disminución del perímetro torácico a lo largo del postparto, por lo que suponemos que las necesidades energéticas estaban cubiertas.

Los partos tuvieron lugar en salas de parto, bajo la estrecha vigilancia del ganadero, que como norma general ayudó, ligeramente, a la salida del feto.

Los terneros se encontraban permanentemente estabulados. Permanecían con sus madres durante los primeros 15 días de vida (amamantamiento ad libitum), separándose a partir de ese momento, y juntándose dos veces al día (períodos de 30 minutos) para el amamantamiento, que se realizaba bajo el control directo del ganadero. La duración del amamantamiento oscilaba entre los 5 y 7 meses de edad, en función de la capacidad lechera de sus madres. Los terneros recibieron una ración suplementaria de alimentos concentrados a voluntad desde los 3-4 meses de vida, siguiendo el modelo tradicional de cría de esta raza.

Dadas las variaciones estacionales existentes en el sistema de manejo y alimentación, se establecieron dos grupos de estudio: Primavera-verano (n=22) y Otoño-invierno (n=27).

Reinicio de la actividad ovárica posparto e involución uterina

Durante los primeros 75 días de postparto, todos los animales fueron sometidos a dos muestreos semanales en los que se tomaron muestras de sangre de la vena coccígea para la determinación de progesterona.

Las muestras así obtenidas, se trasladaron en refrigeración al laboratorio, en donde fueron centrifugadas a 3.000 r.p.m durante 15 min para la extracción del suero, el cual se dividió en alícuotas de 0,5 ml. y se congelaron a -20° C hasta su posterior análisis.

Coincidiendo con la toma de muestras se realizó la exploración del útero y ovarios de todos los animales mediante ecografía transrectal siguiendo la técnica descrita por Quintela *et al.* (2007). La exploración ovárica se centró en identificar las estructuras presentes, tanto fisiológicas como patológicas (cuerpos lúteos, folículos, quistes, etc.). La exploración uterina tuvo por objeto evaluar la involución uterina. De tal forma que el técnico realizaba una medición del diámetro de los cuernos uterinos, considerando que la involución uterina se había completado cuando entre dos exploraciones consecutivas el tamaño uterino no había cambiado.

Parámetros reproductivos

A todos los animales se les realizó un seguimiento hasta que quedaron gestantes, de esta forma se obtuvieron las fechas de los celos y las inseminaciones artificiales y del diagnóstico positivo de gestación. Con estos datos se calcularon los intervalos entre el parto y el primer celo visto, la primera inseminación y la inseminación fecundante, así

como el número de inseminaciones artificiales necesarias para obtener una gestación.

Determinación de progesterona e interpretación de los resultados

La determinación de progesterona en suero se realizó con un kit ELISA comercial de progesterona comercializado por DRG Instruments GmbH (Germany).

Este kit se basa en el principio de competición y la separación de microplaca. El fundamento del método es que una cantidad desconocida de progesterona presente en la muestra y una cantidad fija de progesterona conjugada con peroxidasa de rábano, compiten por los sitios de unión de un anticuerpo de progesterona policlonal presente dentro de los pocillos. Después de una hora de incubación, la placa es lavada para parar la reacción de competición. Habiendo añadido la solución sustrato, la concentración de progesterona es inversamente proporcional a la densidad óptica medida. Las densidades ópticas se leyeron a una longitud de onda de 450 nm en un espectrofotómetro marca Bio-Rad, modelo 550.

La ovulación y el reinicio de la actividad ovárica cíclica postparto (basada en los perfiles de progesterona) se definieron según la clasificación de Shrestha *et al.* (2004). Si bien en nuestro estudio consideramos que las vacas con concentraciones de progesterona en suero ≥ 2 ng/ml en dos muestras consecutivas presentaban actividad luteal. El reinicio de la ciclicidad ovárica postparto se definió como una ovulación seguida de ciclos ováricos regulares. Los animales fueron clasificados en los siguientes grupos según las características de sus perfiles de progesterona.

1. Reinicio normal de la ciclicidad ovárica: la ovulación ocurre ≤ 45 días después del parto, seguida por ciclos ováricos regulares.

2. Retraso en el reinicio de la ciclicidad ovárica: la ovulación seguida de ciclos ováricos regulares no ocurre hasta > 45 días después del parto. Éste se divide a su vez en cuatro tipos diferentes en función de los perfiles de progesterona:

a) Tipo I: uno o más ciclos ováricos cuya actividad luteal es superior a los 20 días (fase luteal prolongada).

b) Tipo II: la primera ovulación no ocurre hasta pasados 45 días después del parto (retraso en la primera ovulación).

c) Tipo III: uno o más ciclos ováricos con actividad luteal de menos de 10 días (fase luteal corta), excepto para el primer ciclo.

d) Tipo IV: ausencia de actividad luteal durante al menos 14 días entre la primera y la segunda fase luteal (cese de la ciclicidad).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 12.0. En todos los casos se calcularon los estadísticos descriptivos (medias y desviaciones para las variables cuantitativas y frecuencias para las cualitativas).

Para el estudio de la involución uterina y del reinicio de la actividad ovárica postparto (intervalos entre el parto y la primera fase luteínica, la primera ovulación y el restablecimiento de la actividad ovárica cíclica) se utilizó un análisis de supervivencia, mientras que para determinar el efecto de la estación se empleó el análisis de Kaplan-Meier.

En el análisis de supervivencia todo aquel animal en que no tuvo lugar el evento estudiado (ovulación, fase luteínica, reinicio de actividad ovárica) en el período considerado (75 días) fue considerado una censura.

En el caso de los parámetros reproductivos (intervalos parto-primer celo, parto-primer inseminación, parto-gestación y el número

de inseminaciones por concepción) se utilizó un modelo general lineal univariante (GLM).

En todos los casos se consideraron significativos los valores de $P < 0,05$.

Resultados

En las tabla 2 se resumen los resultados obtenidos en el análisis de supervivencia (figura 1). Se puede observar que los animales utilizados en el trabajo presentaron tanto una involución uterina como un reinicio de la ciclicidad ovárica relativamente rápidos. Aproximadamente el 90% de los animales finalizaron su involución uterina

antes de los 40 días posparto y el 50% reinició su actividad ovárica cíclica antes de los 60 días tras el parto.

Veintiuna de las 49 hembras de este estudio (42,9%) presentaron un reinicio de la actividad ovárica cíclica normal, mientras que el restante 57,2% presentaron un reinicio retrasado (tabla 3). De estos animales que tuvieron retrasos, 7 animales (14,3%) presentaron retraso tipo I (fase luteínica prolongada), 17 (34,7%) estaban afectadas por retraso tipo II (retraso en la primera ovulación) y 4 vacas (8,2%) tenían un retraso tipo III (fase luteínica acortada). En nuestro estudio ningún animal presentó retrasos de tipo IV (cese de la actividad ovárica cíclica).

Tabla 2. Medias Estimadas±Error típico de los intervalos parto-primera ovulación, parto-primera fase luteínica, parto-reinicio de la actividad ovárica cíclica y parto-final de la involución uterina
Table 2. Mean estimate value±Typical error in intervals between calving and first ovulation, luteinic phase, cyclic ovarian activity restart and end of uterine involution

	Otoño/Invierno	Primavera/Verano	Total
n	27	22	49
1ª Ovulación (días)	39,3±2,6	36,1±4,4	37,9±2,4
1ª Fase Luteínica (días)	43,5±2,3	39,8±4,0	41,8±2,2
Reinicio Actv. Ovárica (días)	50,1±2,5	48,7±3,7	49,5±2,2
Involución Uterina (días)	30,1±1,5	28,7±1,4	29,5±1,0

Tabla 3. Porcentajes de los diferentes tipos de reinicio de actividad ovárica, según la clasificación de Shrestra et al. (2004) (Normal: reinicio antes de los 45 días; Tipo 1: fase luteínica prolongada; Tipo 2: retraso en la primera ovulación; Tipo 3: fases luteínicas cortas salvo la primera.

Table 3. Percentage of different kinds of ovarian activity restarts, according to Shrestra et al. (2004) (Normal: restart before 45 days postpartum; Type 1: extended luteinic phase; Type 2: delayed first ovulation; Type 3: short luteinic phases, except for the first one)

	Otoño/Invierno	Primavera/Verano	Total	
n	27	22	49	
Tipo de Reinicio	Normal	48,1%	36,4%	42,9%
Actividad Ovárica (%)	Retraso T. 1	18,5%	9,1%	14,3%
	Retraso T. 2	29,6%	40,9%	34,7%
	Retraso T. 3	3,7%	13,6%	8,2%

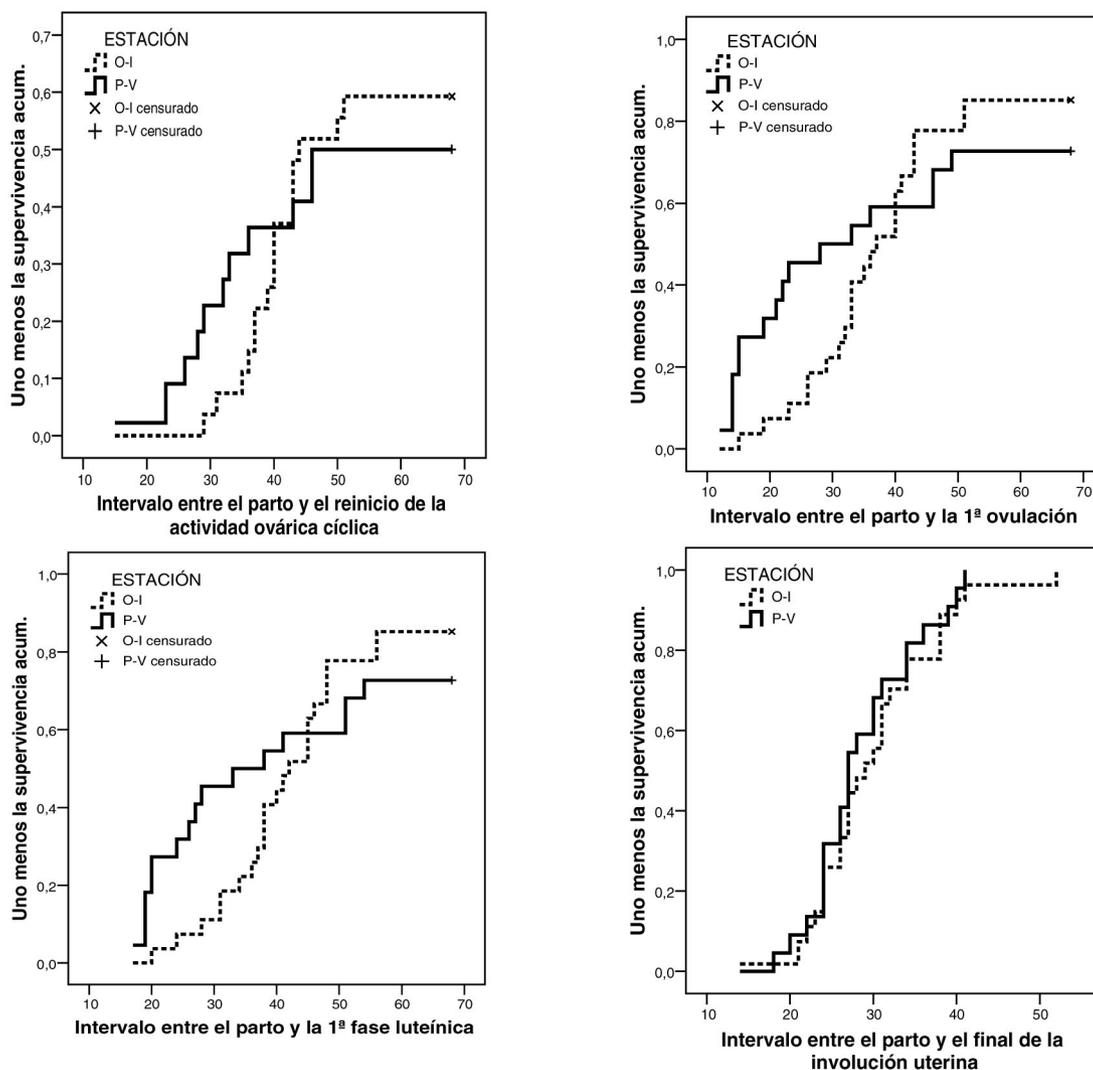


Figura 1. Representación gráfica del análisis de supervivencia de los intervalos entre el parto y la primera ovulación, la primera fase luteínica, el reinicio de la actividad ovárica cíclica y el final de la involución uterina, en función de la estación de parto (O-I: Otoño-Invierno, P-V: Primavera-Verano).

Figure 1. Survival analysis of intervals between calving and: first ovulation, first luteinic phase, cyclic ovarian activity restart and the end of uterine involution, depending on calving season.

(O-I: Fall-Winter, P-V: Spring-Summer).

Como consecuencia de este restablecimiento de la función reproductiva postparto relativamente rápido, y de una fertilidad muy buena (1,71 IA/Gestación) el intervalo parto-

inseminación fecundante fue relativamente corto (tabla 4), permitiendo que el intervalo entre partos estimado fuese de aproximadamente 400 días.

Tabla 4. Medias±Error típico de los intervalos: parto-primero celo visto, parto-primera inseminación (1ª IA), parto-inseminación fecundante, así como el número de inseminaciones por gestación (IA/Gestación).

Table 4. Mean±Typical error in intervals between calving and first heat detected, first artificial insemination (1ª IA) and conception, and the number of services per gestation (IA/Gestation)

	Otoño/Invierno	Primavera/Verano	Total
n	27	22	49
Intervalo Parto Celos (días)	54,8±7,2	76,0±17,8	64,3±8,9
Intervalo Parto 1ª IA (días)	76,6±7,5	93,4±17,0	84,1±8,7
Intervalo Parto Gestación (días)	104,0±10,6	118,9±20,0	110,7±10,6
Número IA/Gestación (días)	1,78±0,22	1,64±0,17	1,71±0,14

Se analizó la influencia del reinicio de la actividad ovárica cíclica sobre los parámetros reproductivos (tabla 5), comprobando que tanto los intervalos parto primer celo, parto primera inseminación y parto gestación eran significativamente más cortos en los anima-

les que tenían un reinicio de la ciclicidad normal. Por contra, el número de inseminaciones por gestación, a pesar de ser notoriamente más corto en los animales que tenían un retraso en la actividad ovárica cíclica, no presentaban diferencias significativas.

Tabla 5. Parámetros reproductivos (Media±Desviación estandar) en función de si reinician la actividad ovárica cíclica antes de los 45 días (reinicio normal) o después (anestro postparto).

Table 5. Reproductive parameters (Mean±Standard deviation) in function of resumption ovarian activity postpartum before 45 days (normal resumption) or after (delayed resumption).

Parámetro	Reinicio normal	Anestro postparto
Intv. Parto Primer Celos	36,9±4,1	84,9±14,2**
Intv. Parto 1ª IA	55,5±4,6	105,6±13,5**
Intv Parto Gestación	79,2±10,5	134,4±15,6**
Nº IA por Gestación	1,81±0,25	1,64±0,16

** Diferencias significativas $p < 0.01$ entre valores de la misma fila.

** Significant differences between means in the same row ($p < 0.01$).

Respecto al efecto de la estación de parto sobre estos parámetros (tabla 2), el análisis no mostró en ninguno de los casos un efecto significativo, a pesar de que en primavera-verano se observó un incremento consi-

derable de retrasos en el reinicio de la actividad ovárica cíclica. Sin embargo, esto no se vio reflejado en la media estimada de tiempo necesario para reiniciar la actividad ovárica cíclica.

Discusión

El proceso de involución uterina está influenciado por factores como el número de partos, la raza, las distocias, el peso al nacimiento de los terneros, la estación, la retención de membranas fetales, etc (Stevenson, 1997); parece ser, además, un factor condicionante para el restablecimiento de la actividad ovárica cíclica (Bellows y Short, 1994) y para la fertilidad (Archbald et al., 1998). En las vacas, la involución uterina depende sobre todo de las contracciones miométricas estimuladas por la acción combinada de la $\text{PGF}_{2\alpha}$, los estrógenos y la oxitocina; la eliminación de la contaminación bacteriana y la regeneración del endometrio (Bondurant, 1999).

En este estudio se ha puesto de manifiesto que la involución uterina finalizaba con 29,5 días, cifra ligeramente más elevada que la encontrada por Quintela et al. (2003) en vacas de aptitud láctea de la provincia de Lugo. Sin embargo, este valor se refiere únicamente al tiempo que tarda en completarse la reducción del tamaño de los cuernos uterinos. No obstante, la involución uterina involucra otros procesos como la regeneración del endometrio y la eliminación de la contaminación bacteriana (Kindahl et al., 1999), que son más difíciles de evaluar a través de la exploración rectal o de la ecografía, y que se suelen completar más tardíamente, considerándose que la completa involución uterina finaliza entre la cuarta y la séptima semana de postparto (Slama, 1996).

Es posible que el tipo de amamantamiento controlado practicado en los animales de nuestro estudio condicione también este valor, acelerando el proceso de involución uterina, ya que la estimulación táctil provocada durante el amamantamiento por el ternero en la zona inguinal y en los pezones induce la liberación de oxitocina (Akers y Lefcourt, 1982). Esta hormona induce la eyección de la leche y estimula la liberación de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ y la

magnitud y la duración de la liberación de ésta última (Guibault et al., 1985; Madej et al., 1984) condiciona la involución uterina.

Desde un punto de vista meramente descriptivo el 50% de las vacas de raza Rubia Gallega de este estudio presentaron un reinicio de la actividad ovárica cíclica antes de los 60 días de postparto (figura 1), observándose la primera ovulación a los 37,9 días.

El prolongado anestro postparto es la principal limitación para alcanzar una eficiencia reproductiva óptima en vacas de aptitud cárnica, siendo el amamantamiento uno de los principales factores que condicionan la duración del mismo (Stagg et al., 1998). Cuando el amamantamiento se produce de forma continua se bloquea la ovulación lo que conlleva a un alargamiento del período de anestro (Wettemann, 1994). Sin embargo, se ha demostrado que el amamantamiento restringido aumenta la frecuencia pulsátil de LH y consecuentemente reduce el intervalo entre el parto y la primera ovulación en animales de aptitud cárnica (Stagg et al., 1998; Mackey et al., 2000). Podemos considerar, por tanto, que el amamantamiento restringido que se acostumbra a practicar en esta raza condiciona el reinicio de la actividad ovárica cíclica, lo que podría justificar que sea más corta que la descrita en otras razas de aptitud cárnica en las que se practica amamantamiento ad libitum. Así, en razas como la Pirenaica, con un claro parentesco filogenético, se han descrito 45,7 días de intervalo hasta la primera ovulación (Sanz et al., 2003). Sin embargo, Cushman et al. (2007) apuntó un efecto propio de la raza, comprobando la existencia de notables diferencias en este parámetro, con valores que oscilaban entre los 55,5 días del cruce con Simmental hasta los 66,7 días del cruce con Limousin. El hecho de que en nuestro estudio hayamos empleado medias estimadas dificulta una comparación directa con los datos aportados por estos autores.

En nuestro estudio, basándonos en los perfiles de progesterona, el 57,2% de las hembras presentaban un retraso en el reinicio de la actividad ovárica cíclica. Esta cifra es notablemente más baja que la descrita por Deiros *et al.* (2005) en granjas comerciales de ganado Holstein (66,7%), en la misma zona geográfica.

En cuanto a los tipos de anestro, comprobamos que los retrasos más frecuentes en esta raza eran del tipo I, es decir, que presentaban fases luteínicas más prolongadas de lo normal.

Se han observado notables diferencias entre las descritas en el mencionado trabajo en el ganado Holstein y los tipos de anestro encontrados en nuestro estudio en animales de raza Rubia Gallega. Así, los retrasos de tipo I (fase luteínica prolongada) eran cerca del doble (26,7%) que los apreciados en animales de raza Rubia Gallega (14,3%). La frecuencia de aparición de retrasos debidos a una demora en la primera ovulación (tipo II) (33,3%) era muy parecida a la observada en nuestro estudio en esta raza de aptitud cárnica (34,7%). Curiosamente en el trabajo realizado en vacas Holstein no se encontraron retrasos de tipo III frente al 8,2% observado en Rubia Gallega, y el porcentaje de animales que padecían retrasos de tipo IV (no observados en nuestro estudio) era del 8,2%.

En cuanto a los parámetros reproductivos analizados, hemos comprobado que son notablemente mejores que los mencionados en el Programa de control lechero de Galicia (2004), para animales de raza Frisona (2,1 IA/Gestación; 155 días abiertos), y muy próximos a los descritos por Becerra (2003) en la raza Rubia Gallega (1,75 IA/Gestación, 117,68 días abiertos).

No se encontraron diferencias significativas ni en el reinicio de la actividad ovárica cíclica ni en la involución uterina en función de la estación de parto.

En conclusión, las vacas de raza Rubia Gallega en régimen semi-intensivo presentan una eficacia reproductiva elevada, con una aceptable involución uterina (29,5 días), con un rápido restablecimiento de la actividad ovárica cíclica postparto (49,5 días) y un intervalo parto-inseminación fecundante relativamente corto (110,7 días). Por otra parte, la estación prácticamente no tiene influencia en los parámetros reproductivos postparto de esta raza. Además pudimos comprobar que la causa más frecuente de retraso en el reinicio de la actividad ovárica cíclica era debida a una demora en la primera ovulación.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Xunta de Galicia (Plan Gallego de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Project Ref. PGIDIT 03RAG26101PR).

Referencias bibliográficas

- Akers RM, Lefcourt AM, 1982. Milking and suckling-induced secretion of oxytocin and prolactin in parturient dairy cows. *Horm. Behav.*, 16, 87-93.
- Archbald LF, Tsai IF, Thatcher WW, Tran T, Wolfson K, Risco C, 1998. Use of plasma concentration of 12,14-dihydro-15-keto-PGF α (PGFM) in the diagnosis of sub-clinical endometritis and its relationship to fertility in the postpartum dairy cows. *Theriogenology*, 49, 1425-1436.
- Becerra JJ, 2003. Influencia de distintos factores endógenos y exógenos sobre los parámetros reproductivos en hembras bovinas de raza Rubia Gallega. Tesis Doctoral. Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela.

- Bell DJ, Spitzer JC, Burns GL, 1998. Comparative effects of early weaning or once-daily suckling on occurrence of postpartum estrus in primiparous beef cows. *Theriogenology*, 50, 707-715.
- Bellows RA, Short, RE, 1994. Reproductive losses in the beef industry. In: Fields, M.J.; Sand, R.S., editors. *Factors affecting calf crop*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bondurant RH, 1999. Inflammation in the bovine female reproductive tract. *J. Anim. Sci.*, 77 (Suppl 2)/ *J. Dairy Sci.* 82 (Suppl 2), 101-110.
- Cushman RA, Allan MF, Thallman RM, Cundiff LV, 2007. Characterization (cycle VII): Influence of postpartum interval and oestrus cycle length on fertility. *J. Anim. Sci.*, 85, 2156-2162.
- Deiros J, Quintela LA, Herradon PG, Peña AI, Becerra JJ, Rey C, Diaz C, Barrio M, 2005. Resumption of postpartum ovarian cyclicity in high producing dairy cows milked two or four times a day. 9th Annual Conference of ESDAR. 1-3 Septiembre. Murcia (España).
- Edqvist LE, Kindahl H, Stabenfeldt G, 1978. Release of prostaglandin F₂ α during the bovine periparturient period. *Prostaglandins*, 43, 1379-1388.
- El-Din Zain A, Nakao T, Abdel Raouf M, Moriyoshi M, Kawata K, Moritsu Y, 1995. Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 38, 203-214.
- Galina CS, Arthur GH, 1989. Review of cattle reproduction in the tropics. 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abstr.*, 57, 889-910.
- Griffith MK, Williams GL, 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion, expression of maternal selectivity, and lactational performance of beef cows. *Biol. Reprod.*, 54, 761-768.
- Guilbault LA, Thatcher WW, Collier RJ, Wilcox CJ, Drost M, 1985. Carry-over effects of periparturient endocrine changes on postpartum reproductive function of Holstein heifers bred to genetically different service sires. *J. Anim. Sci.*, 61, 1516-1526.
- Kindahl H, Bekana M, Kask K, Kónigsson K, Gustafsson H, Odensvik K, 1999. Endocrine aspect of uterine involution in the cow. *Reprod. Dom. Anim.*, 34, 261-268.
- Lamb GC, Miller BL, Lynch JM, Thompson KE, Heldt JS, Loest CA, Grieger DM, Stevenson JS, 1999. Twice daily suckling but not milking with calf presence prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.*, 77, 2207-2218.
- Lech ME, Allrich RD, Horstman LA, Callahan CJ, 1998. Reproduction of dairy cattle: normal postpartum physiology. *Animal Science Dairy, Bulletin AS-455*. Purdue University Cooperative Extension Service, AS-455. West Lafayette, IN. p 6.
- Mackey DR, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG, 2000. The effect of progesterone alone or in combination with estradiol on follicular dynamics, gonadotropin profiles, and estrus in beef cows following calf isolation and restricted suckling. *J. Anim. Sci.*, 78, 1917-1929.
- MacMillan KL, Clayton DG, 1980. Factors influencing the interval to post-partum oestrus, conception date and empty rate in a intensively managed dairy herd. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 40, 236-239.
- Madej A, Kindahl H, Woyno W, Edqvist LE, Stupnicki R, 1984. Blood levels of 15-keto-13, 14-dihydro-prostaglandin F₂ α during the postpartum period in primiparous cows. *Theriogenology*, 21, 279-287.
- Morrow DA, Roberts SJ, McEntee K, 1969. Postpartum ovarian activity and involution of the uterus and cervix in dairy cattle. II. Involution of uterus and cervix. *Cornell Vet.*, 59, 190-198.
- Mukasa-Mugerwa EA, 1989. Anatomy and endocrinology of cow reproduction. Puberty, oestrus and pregnancy. In: Mukasa-Mugerwa, E.A., editor. *Review of reproductive performance of female Bos indicus (zebu) cattle*. Addis Abeba, Ethiopia: ILCA Monograph 6.
- Nett TM, 1987. Function of the hypothalamic-hypophysial axis during the post-partum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fertil.*, 34 (Suppl), 201-213.

- Nett TM, Cermak D, Braden T, Manns J, Niswender G, 1987. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows. I. Changes during the estrus cycle. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 4, 123-132.
- Nett TM, Cermak D, Braden T, Manns J, Niswender G, 1988 Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows. II. Changes during the postpartum period. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 5, 81-89.
- Oyedipe EO, Buvanendran V, Eduvie LO, 1982. Some factors affecting the reproductive performance of White Fulani (Bunaji) cattle. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 59, 231-234.
- Peters AR, 1984. Reproductive activity of the cow in the post-partum period. I. Factors affecting the length of the post-partum acyclic period. *Br. Vet. J.*, 140, 76-84.
- Programa de control lechero de la xunta de Galicia, 2004. http://www.xunta.es/conselle/ag/coleite/ir_1_04.pdf. Fecha de consulta: 6 noviembre de 2007.
- Quintela LA, Díaz C, Herradón PG, Peña AI, Becerra JJ, 2007. *Ecografía y Reproducción en la vaca*. Ed. Universidad de Santiago de Compostela. España. 1ª Edición.
- Quintela LA, Garcia ME, Peña AI, Diaz C, Barrio M, Becerra JJ, Herradon PG, 2003. Asociación entre el perfil sérico bioquímico y la duración de la involución uterina en hembras bovinas de producción láctea. *Arch. Zootec.*, 52, 419-429.
- Randel RD, 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.*, 68, 853-862.
- Rao CHC, 1980 Involution of genitalia of Ongole and crossbred cows. *Ind. J. Anim. Sci.*, 50, 834-837.
- Sanz A, Casaus I, Villalba D, Revilla R, 2003. Effects of suckling frequency and breed on productive performance, follicular dynamics and postpartum interval in beef cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 79, 57-69.
- Short RE, Adams DC, 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.*, 68, 29.
- Shrestha HK, Nakao T, Higaki T, Suzuki T, Akita M, 2004. Resumption of postpartum ovarian cyclicity in high-producing Holstein cows. *Theriogenology*, 61, 637-649.
- Slama H, 1996. Prostaglandines, leucotriènes et subinvolution utérine chez la vache. *Rec. Med. Vet.*, 173, 369-381.
- Stagg K, Spicer LJ, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG, 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biol Reprod.*, 59, 777-783.
- Stevenson JS, 1997. Clinical reproductive physiology of the cow. In: Youngquist R.S., editor. *Current therapy in large animal theriogenology*. Philadelphia: W.B. Saunders. (Chapter 32).
- Stevenson JS, 2000. Are your cows cycling; if not why? *Hoard's Dairyman.*, 145, 202-203.
- Van Werven T, Schukken YH, Lloyd J, Brand A, Heeringa HT, Shea M, 1992. The effects of duration of retained placenta on reproduction, milk production, postpartum disease, and culling rate. *Theriogenology.*, 37, 1191-1203.
- Wettemann RP, 1994. Precalving nutrition/birth weight interaction and rebreeding efficiency. Oklahoma State University (Ed.), *Anim. Sci. Res. Report*.
- Yavas Y, Walton JS, 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology.*, 54, 25-55.

(Aceptado para publicación el 3 de julio de 2008)

Densidad floral, cuajado y características de los frutos del almendro en relación al tipo de ramificación

O. Kodad y R. Socias i Company

Unidad de Fruticultura, CITA de Aragón, Apartado 727, 50080 Zaragoza. E-mail: rsocias@aragon.es

Resumen

Se estudió la densidad floral en nueve selecciones de almendro con el fin de determinar su relación con el cuajado y el nivel de cosecha posterior. Como la presencia de ramilletes de mayo es el mayor componente de la densidad floral, se compararon los parámetros físicos de los frutos producidos sobre los ramilletes de mayo y sobre los brotes del año con el fin de establecer la influencia del tipo de rama fructífera sobre la calidad del fruto. La densidad floral y sus componentes, así como el cuajado, la densidad de frutos y la productividad dependen en gran medida del genotipo y del año, pero la interacción genotipo \times año fue poco importante, e incluso no significativa, mostrando la importancia de cada genotipo y del efecto del año, probablemente ligado a las condiciones climáticas de cada año y al estado fisiológico del árbol. El efecto de la rama fructífera fue significativo para el tamaño del fruto, pero no para su forma, mostrando que la forma del fruto y de la pepita es característica del cultivar, lo que permite su definición comercial. Como los frutos procedentes de los ramilletes de mayo son de menor tamaño, se consideran de menor calidad comercial.

Palabras clave: Almendro, *P. amygdalus* Batsch, Densidad floral, Cuajado, Características del fruto, Características de la pepita, Tipo de ramificación.

Summary

Bloom density, fruit set and fruit traits in almond as related to the type of fruiting branches

Bloom density was studied in nine almond selections in order to ascertain its relationship with fruit set and the level of the subsequent crop. The presence of spurs was found to be the main component of bloom density. Thus, the physical parameters of fruits produced on spurs or on one-year shoots were compared in order to establish the influence of the fruiting branch on fruit quality. Bloom density and its components, as well as fruit set, fruit density and productivity were highly dependent on the genotype and the year, but the interaction genotype \times year was less important or even non significant, showing the importance of each genotype and the year effect, probably linked to the climatic conditions of each year and the physiological status of the trees. The effect of the fruiting branch was significant for fruit and kernel size, but not for their shape, showing that nut and kernel shape are cultivar traits, allowing its commercial definition as such, but also that fruits from spurs, because of their smaller size, are of lesser commercial quality.

Key words: Almond, *P. amygdalus* Batsch, Bloom density, Fruit set, Fruit traits, Kernel traits, Branching habit.

Introducción

En los frutales, el número inicial de flores diferenciadas durante el año anterior es el primer componente de la producción (Werner *et al.*, 1988). Sin embargo, el potencial productivo de un cultivar es difícil de estimar debido a los muchos factores que influyen en el nivel de la cosecha final. Estos factores son tanto genéticos como ambientales, siendo los primeros internos del cultivar y los segundos externos. Además, existe la interacción entre ambos tipos de factores.

En el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch), la regularidad de la producción requiere la formación de un gran número de flores cada año (elevada densidad floral) y su adecuada polinización con el fin de obtener un cuajado aceptable y con él una cosecha rentable (Felipe, 2000; Godini, 2002; Kester y Griggs, 1959). Por ello un cuajado elevado se considera una característica deseable que se ha relacionado con una elevada densidad floral y una buena calidad de la flor (Bernad y Socias i Company, 1998; Socias i Company *et al.*, 2004). Como en los otros árboles frutales, el cuajado depende tanto de la identidad biológica de cada cultivar como de las condiciones ambientales, especialmente en el momento de la floración (Socias i Company y Felipe, 1992a; Socias i Company *et al.*, 2004). Por ello, la estimación de la densidad floral y del cuajado de cualquier genotipo son pasos importantes en la evaluación de su potencial productivo y de su valor como posible cultivar comercial (Socias i Company *et al.*, 1998).

Tanto la calidad de la flor como la del fruto dependen de su posición en la inflorescencia, como en los frutales de pepita (Williams, 1965), o del tipo de rama fructífera, como en el melocotonero (Bruchou y Génard, 1999) y el manzano (De Silva *et al.*, 2000; Lauri *et al.*, 1996). Ello implica que se debe tener en cuenta otro factor al evaluar la productivi-

dad de un cultivar, ya que el cuajado depende de la calidad de la flor. Además, el valor de la cosecha no depende sólo de su volumen, sino también de su calidad, por lo que también se deben considerar los factores que afectan a la calidad del fruto.

Como consecuencia de estas consideraciones, nuestro objetivo fue evaluar el potencial productivo de un grupo de selecciones de almendro en relación a su capacidad de producir yemas de flor y alcanzar un nivel de cuajado adecuado, así como determinar las características físicas de los frutos según la rama fructífera sobre la que se desarrollan.

Materiales y métodos

Se estudiaron nueve selecciones del programa de mejora genética del almendro del CITA de Zaragoza, procedentes del cruzamiento 'Felisia' × 'Bertina'. Todas se caracterizan por su floración muy tardía (fig. 1) y su auto-compatibilidad (Socias i Company *et al.*, 2003). Se estudiaron tres árboles de cada selección, injertados sobre el patrón híbrido almendro x melocotonero 'Garnem', plantados en la misma parcela experimental y cultivados según las técnicas habituales en la zona. Durante dos años consecutivos (2003 y 2004) se eligieron cuatro ramas de cada selección para realizar las mediciones. Aunque cada selección tiene su propio hábito vegetativo, se eligieron ramas homogéneas en lo posible, incluyendo las diferentes direcciones alrededor de la copa, el mismo orden de ramificación, una longitud aproximada de 1 m y un altura de unos 1,5 m sobre el suelo.

Siguiendo el criterio de Church y Williams (1983), se midió la longitud de todas las ramificaciones y se contó el número de yemas florales de cada ramificación. Las medidas se realizaron en enero, con las

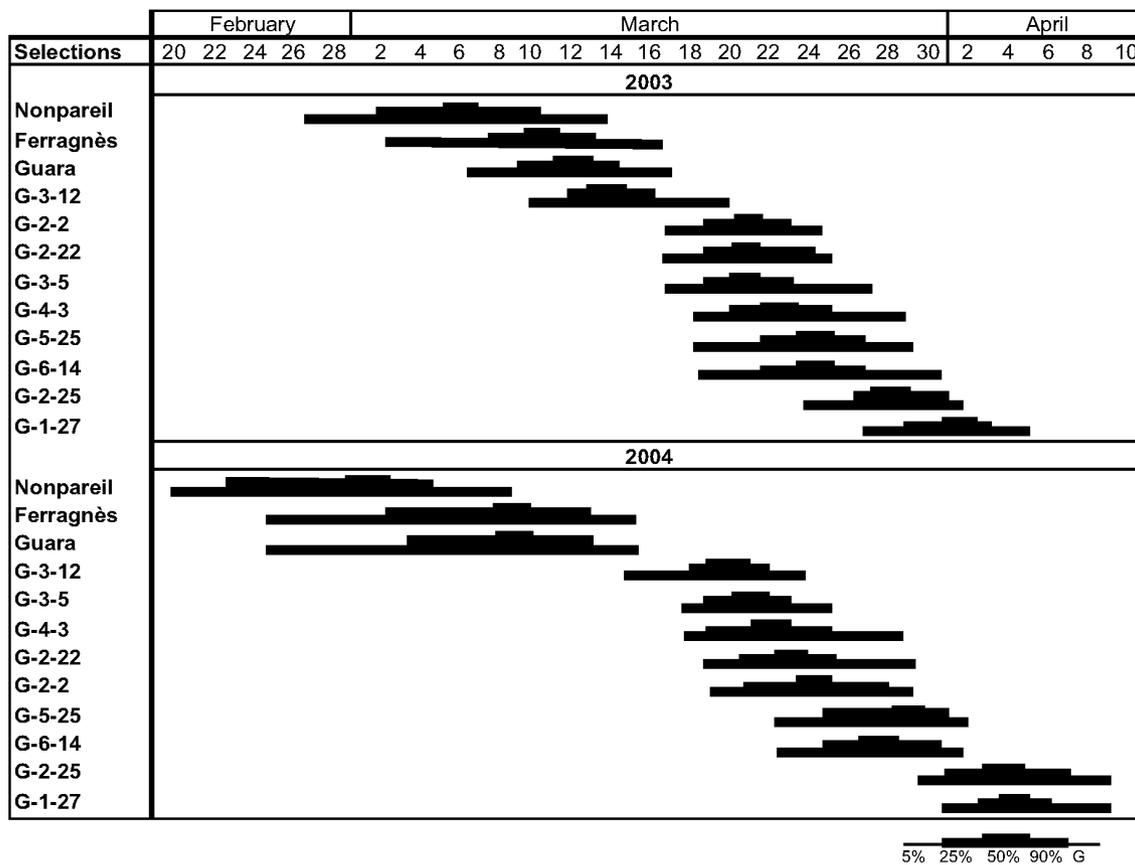


Figura 1. Época de floración de las selecciones estudiadas en comparación a cultivares extendidos. Los porcentajes indican la cantidad de flores abiertas.
 Figure 1. Blooming time of the selections studied as compared to standard cultivars. Percentages indicate the amount of flowers opened.

yemas en el estado fenológico B (Felipe, 1977). Las ramas se dejaron para su polinización libre y se contó el número de frutos en junio, con lo que se obtuvo el cuajado. Se calculó también la productividad (número de frutos por unidad de sección de la rama) y la densidad (número de frutos por unidad de longitud de la rama) en cada rama (Socias i Company et al., 2004).

En la cosecha de 2004 se recogieron 20 frutos de cada uno de los dos tipos de madera

de fructificación: ramilletes de mayo y brotes del año. Los frutos se consideraron maduros cuando el mesocarpio ya se había secado y separado totalmente del endocarpio (Felipe, 2000). Después de tomar las medidas de los frutos, éstos se descascaron para obtener las pepitas. Los pesos antes y después del descascarado en una balanza electrónica permitieron calcular los rendimientos en pepita. Se midió la longitud (L), la anchura (A) y el espesor (E)

mediante un calibre digital tanto del fruto como de la pepita con una precisión de 0,01 mm. Estas variables permitieron determinar el diámetro geométrico (D), el índice de esfericidad (\emptyset) y el tamaño (T) del fruto y de la pepita según las siguientes ecuaciones (Mohsenin, 1980; Aydin, 2003):

$$D = (LAE)^{1/3},$$

$$\emptyset = D/L,$$

$$T = LAE$$

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS Institute (2000). El procedimiento PROC GLM se aplicó para realizar el análisis de varianza para distinguir el efecto del genotipo y el año sobre los caracteres estudiados. La separación de medias se llevó a cabo con la prueba LSD con una probabilidad de 0,05. Los coeficientes de correlación fenotípica entre los parámetros productivos se determinaron con el procedimiento PROC CORR.

Resultados

Densidad floral

Los resultados mostraron una gran variabilidad para la densidad floral entre los genotipos (tabla 1), con unos valores medios que oscilan entre 0,21 (para G-3-12) y 1,13 (para G-3-5) yemas/cm. También se encontró una gran variabilidad para los otros caracteres, como son el número de ramilletes de mayo por cm (desde 0,04 en G-1-27 a 0,29 en G-3-5), y el número de yemas por ramillete de mayo (desde 2,18 en G-3-12 a 5,13 en G-2-22). Las selecciones con una elevada densidad floral, como G-3-5, también mostraron un número elevado de ramilletes de mayo. El estudio de los coeficientes de variación (tabla 1) confirmó la gran variabilidad encontrada para estos caracteres entre los genotipos, siendo los caracteres más variables el número de yemas y la densidad floral. Al

Tabla 1. Densidad de yemas (DY) y de ramilletes de mayo (DR) (número de yemas o ramilletes por cm de longitud de rama) y número de yemas de flor por ramillete de mayo (NY/R) en nueve selecciones de almendro durante dos años

Table 1. Bud density (DY) and spur density (DR) (number of buds or spurs per cm of branch length) and number of flower buds per spur (NY/R) in nine almond selections during two years

Selección	Año	DY		DR		NY/R	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004
G-1-27		0,51	0,35	0,04	0,11	4,33	3,10
G-2-2		0,55	0,47	0,06	0,10	4,04	3,88
G-2-22		0,83	0,67	0,16	0,26	5,13	3,77
G-2-25		0,30	0,56	0,07	0,18	3,55	2,82
G-3-12		0,52	0,21	0,16	0,13	2,96	2,18
G-3-5		1,13	0,64	0,29	0,24	3,86	3,94
G-4-3		0,70	0,60	0,13	0,23	4,36	3,78
G-5-25		0,70	0,36	0,14	0,15	4,37	3,34
G-6-14		0,69	0,33	0,11	0,12	3,35	3,24
Media \pm SD		0,65 \pm 0,2	0,46 \pm 0,16	0,12 \pm 0,06	0,17 \pm 0,17	3,9 \pm 0,93	3,33 \pm 0,7
VC anual (%)		31,49	34,46	47,42	34,09	23,34	21,37
VC interanual (%)		32,99		39,81		22,64	

comparar estos coeficientes de variación para cada selección y año con la variación entre los años (tabla 1), se encontró que la variación interanual era del mismo orden que la observada entre genotipos, lo que muestra que la variable año es muy importante al calcular el valor de estos caracteres.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los caracteres estudiados entre los genotipos en ambos años (tabla 2). Sin embargo, la interacción genotipo \times año sólo fue significativa para la densidad floral, mientras que no lo fue para la densidad de ramilletes de mayo y el número de yemas de flor por ramillete (tabla 2).

Cuajado y productividad

El cuajado, la densidad de frutos y la productividad también mostraron una gran variabilidad entre los genotipos (tabla 3). El cuajado osciló entre 5,72% en G-2-22 y 24,77% en G-4-3; la densidad de frutos entre 0,04 frutos/cm en G-3-12 y 0,18 en G-3-5 y la productividad entre 2,97 frutos/cm² en G-3-12 y 19,79 en G-4-3. Los coeficientes de variación para el cuajado fueron similares en los dos años, pero para la densidad de frutos y la productividad fueron mucho

mayores en 2003 que en 2004. Para todos los caracteres, los coeficientes de variación entre años fueron menores que dentro de los años (tabla 3).

El análisis de varianza (tabla 4) mostró diferencias significativas entre los genotipos para estos tres caracteres, pero no para todos ellos entre los dos años. La densidad de frutos y la productividad fueron mayores en 2004 que en 2003, con diferencias significativas, pero las diferencias para el cuajado no fueron significativas. La interacción genotipo \times año para cuajado y densidad de fruto fue significativa y puede explicar que no sólo fueron diferentes los valores para cada selección durante los dos años, sino que también su orden de clasificación fuese diferente. Las selecciones G-2-22, G-3-12 y G-4-3 mostraron diferencias significativas para el cuajado entre los dos años, mostrando el efecto del año, probablemente como resultado de las condiciones climáticas de cada año (fig. 2). Todas las selecciones, excepto G-2-22 y G-3-12 (fig. 3), mostraron el mismo nivel de significación para las diferencias en la densidad de fruto entre los dos años. La interacción genotipo \times año, sin embargo, no fue significativa para la productividad (tabla 4).

Tabla 2. Análisis de varianza de la densidad floral y sus componentes: yemas de flor (DY), ramilletes de mayo (DR) y número de yemas por ramillete de mayo (NY/R)
Table 2. Analysis of variance of bloom density and its components: Flower bids (DY), spurs (DR) and number of flower buds per spur (NY/R)

Fuente de variación	df	Variable		
		DY	DR	NY/R
Genotipo	8	0,22 ***	0,030 ***	2,52 ***
Año	1	0,67 ***	0,032 ***	7,68 ***
Genotipo \times año	8	0,09 **	0,007 ns	0,51 ns
Error	54	0,03	0,003	0,68

Significación de los cuadrados medios a $P \leq 0,001$ (***), $P \leq 0,01$ (**), o no significativo (ns)

Tabla 3. Cuajado, densidad de frutos y productividad en nueve selecciones de almendro durante dos años
 Table 3. Fruit set, fruit density and productivity in nine almond selections during two years

Selección	Cuajado (%)		Densidad de frutos (frutos/cm)		Productividad (frutos/cm ²)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
G-1-27	20,09	21,48	0,09	0,12	11,26	14,70
G-2-2	15,87	17,97	0,08	0,10	7,59	8,93
G-2-22	5,72	12,04	0,04	0,10	5,54	10,05
G-2-25	22,14	19,09	0,13	0,06	17,27	8,32
G-3-12	19,96	9,32	0,04	0,06	2,97	6,60
G-3-5	15,04	16,55	0,18	0,10	19,26	10,44
G-4-3	11,39	24,77	0,07	0,17	10,24	19,79
G-5-25	16,76	15,14	0,06	0,11	6,07	12,76
G-6-14	22,97	19,13	0,08	0,13	9,76	13,40
Media ± SD	16,65 ± 6,38	17,27 ± 6,61	0,08 ± 0,05	0,10 ± 0,04	9,99 ± 7,72	11,6 ± 5,94
VC anual (%)	38,33	38,27	63,50	38,97	77,32	50,96
VC interanual (%)	32,76		38,65		46,66	

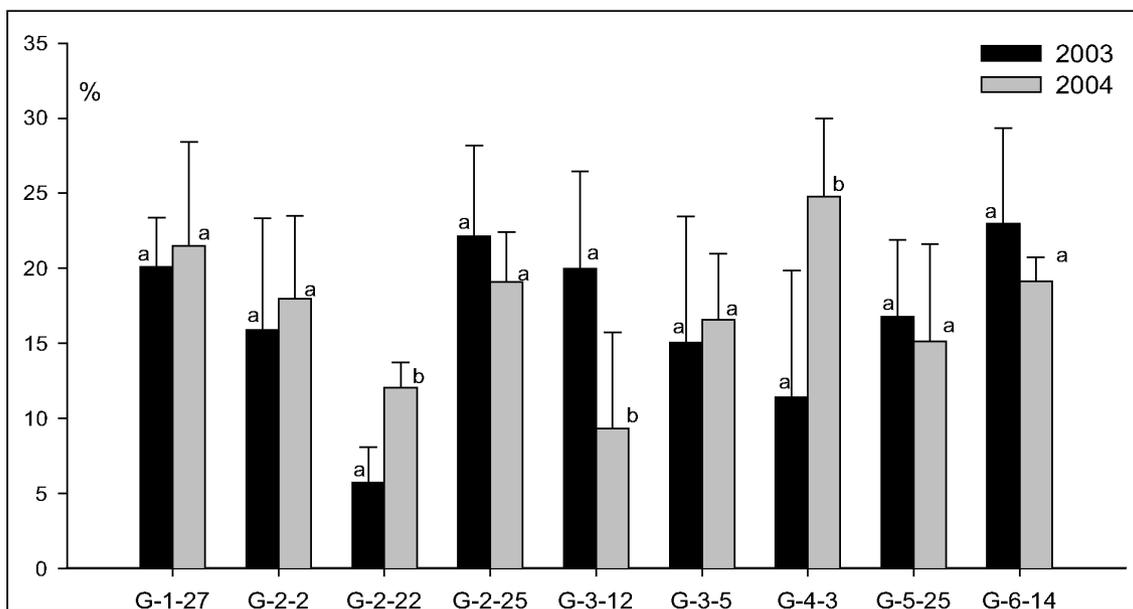


Figura 2. Variabilidad del cuajado de nueve selecciones de almendro durante los dos años de estudio.
 Las letras diferentes indican diferencias significativas a $P \leq 0.01$ para cada selección.

Figure 2. Fruit set variability of the nine almond selections in the two years of the study.
 Different letters indicate significant differences at $P \leq 0.01$ for each selection.

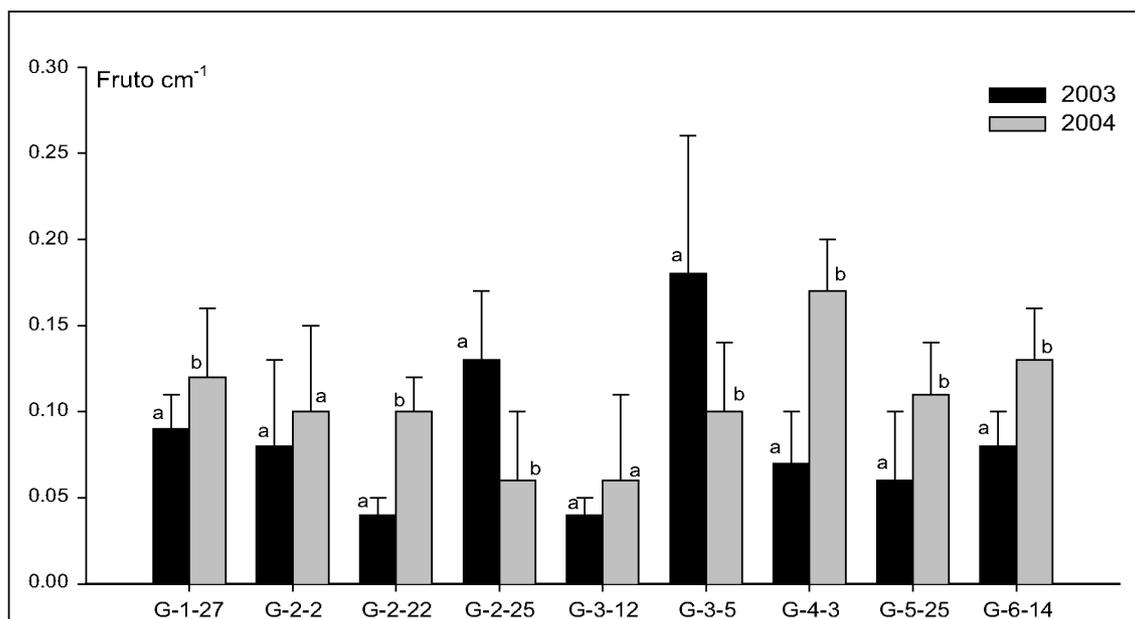


Figura 3. Variabilidad de la densidad de fruto de nueve selecciones de almendro durante los dos años de estudio. Las letras diferentes indican diferencias significativas a $P \leq 0.01$ para cada selección.

Figure 3. Fruit density variability of the nine almond selections in the two years of the study. Different letters indicate significant differences at $P \leq 0.01$ for each selection.

Tabla 4. Análisis de varianza del cuajado, la densidad de frutos y la productividad
Table 4. Analysis of variance for fruit set, fruit density and productivity

Fuente de variación	df	Variable		
		Cuajado	Densidad de fruto	Productividad
Genotipo	8	0,025 ***	0,005 ***	97,02 ***
Año	1	0,002 ns	0,023 ***	236,91 ***
Genotipo × año	8	0,022 **	0,004 **	58,91 ns
Error	54	0,008	0,002	47,53

Significación de los cuadrados medios a $P \leq 0.001$ (***), $P \leq 0.01$ (**), o no significativo (ns)

Las correlaciones fenotípicas entre los caracteres (tabla 5) mostraron que hay una relación altamente significativa entre el cuajado y la densidad de fruto y la productividad. La productividad está altamente correlacionada con la densidad de flores y de frutos y a un nivel menor con el número de ramilletes de mayo.

La densidad de frutos está correlacionada positivamente con la densidad floral y con el número y la densidad de ramilletes de mayo. La densidad floral está positivamente correlacionada con el número y la densidad de ramilletes de mayo y en un grado menor con el número de flores por ramillete de mayo.

Tabla 5. Correlaciones fenotípicas entre los parámetros que contribuyen a la productividad del almendro

Table 5. Phenotypic correlations between the traits contributing to almond productivity

Variable	Cuajado	Productividad	Densidad de fruto	Densidad de yemas	Nº de ramilletes de mayo
Cuajado	1,00				
Productividad	0,57 0,63	1,00			
Densidad de fruto	0,65 0,69	0,80 0,94	1,00		
Densidad de yemas	0,35 0,38	0,53 0,51	0,70 0,59	1,00	
Nº de ramilletes de mayo	0,15 0,04	0,48 0,31	0,40 0,32	0,72 0,63	1,00
Nº de ramilletes de mayo/ longitud de rama	0,22 0,20	0,33 0,22	0,36 -0,01	0,75 0,70	0,95 0,87
Nº de yemas/ramilletes de mayo	0,12 0,13	0,01 -0,03	0,18 -0,01	0,29 0,52	0,12 0,24

Para cada parámetro, la figura superior representa el valor de 2003 y la inferior el de 2004. Las correlaciones significativas ($P \leq 0.05$) se muestran en negrita.

Caracteres de los frutos de los ramilletes de mayo y de los brotes del año

Se encontraron diferencias significativas para el peso, el tamaño y el diámetro tanto del fruto como de la pepita, y para el peso

de la cáscara entre los frutos producidos sobre ramilletes del año y sobre brotes del año (tabla 6). En todos los casos los valores de los frutos producidos sobre brotes del año fueron mayores que los de los frutos producidos sobre ramilletes de mayo (tabla 7). Sin

Tabla 6. Análisis de varianza de los caracteres de los frutos producidos sobre ramilletes de mayo o sobre brotes del año (PF: peso del fruto; PP: peso de la pepita; Rdt: rendimiento en pepita; TF: tamaño del fruto; TP: tamaño de la pepita; DF: diámetro del fruto; DP: diámetro de la pepita; ØF: esfericidad del fruto; ØP: esfericidad de la pepita)

Table 6. Analysis of variance of the fruit traits of fruits produced on spurs or on one-year fruiting branches (PF: fruit weight; PP: kernel weight; Rdt: kernel percentage; TF: fruit size; TP: kernel size; DF: fruit diameter; DP: kernel diameter; ØF: fruit sphericity; ØP: kernel sphericity)

Fuente	DF	Variable									
		PF	PP	Rdt	TF	TP	DF	DP	ØF	ØP	
Genotipo	8	35,4**	0,71**	4,26**	251322604**	2082107**	63,8**	5,6**	2,41*	0,0164**	
Rama fructífera	1	4,37**	0,50**	16,5ns	91961703**	2411925**	51,2**	7,6**	5,02ns	0,00001ns	
G × RF	8	0,54*	0,05*	11,9*	7232763ns	106425ns	5,5ns	0,3ns	2,19ns	0,0003ns	
Error	179	0,25	0,02	4,6	4357127	81001	4,6	0,2	2,4	0,00004	

Significación de los cuadrados medios a $P \leq 0.001$ (***), $P \leq 0.01$ (**), o no significativo (ns)

Tabla 7. Valores medios de los caracteres del fruto y la pepita según la rama fructífera (PF: peso del fruto; PP: peso de la pepita; Rdt: rendimiento en pepita; TF: tamaño del fruto; TP: tamaño de la pepita; DF: diámetro del fruto; DP: diámetro de la pepita; ØF: esfericidad del fruto; ØP: esfericidad de la pepita)

Table 7. Mean values of the fruit and kernel traits depending of the fruiting branch (PF: fruit weight; PP: kernel weight; Rdt: kernel percentage; TF: fruit size; TP: kernel size; DF: fruit diameter; DP: kernel diameter; ØF: fruit sphericity; ØP: kernel sphericity)

Tipo de rama fructífera	Variable								
	PF	PP	Rdt	TF	TP	DF	DP	ØF	ØP
Brotos del año	5,07 a	1,31 a	26,7 a	14568 a	2712 a	24,7 a	13,9 a	1,03 a	0,55 a
Ramilletes de mayo	4,76 b	1,20 b	26,1 a	14039 b	2481 b	23,7 b	13,4 b	0,82 a	0,55 a

Separación de medias en cada columna por LSD a $P \leq 0,05$.

embargo, no hubo diferencias significativas para el rendimiento en pepita ni para los índices de esfericidad del fruto y de la pepita. Estos resultados indican que las diferencias de tamaño afectan de la misma forma al fruto y a la pepita, por lo que se mantiene el rendimiento en pepita así como la forma del fruto y de la pepita, caracteres que pueden considerarse como característicos del cultivar e independientes del tipo de rama fructífera. La interacción genotipo \times tipo de rama fructífera fue significativa para el peso del fruto y el de la pepita, así como para el rendimiento en pepita, lo que muestra que no sólo varía el valor de estos caracteres de un año a otro, sino también el orden de clasificación de los genotipos según su valor.

Discusión

Densidad floral

Las diferencias significativas encontradas para la densidad floral entre las selecciones y entre los años están de acuerdo con resultados previos en otros cultivares y seleccio-

nes de almendro (Bernad y Socias i Company, 1998; Socias i Company, 1988), así como en otras especies, como el manzano (Simidchev, 1976), el melocotonero (Okie y Werner, 1996; Werner *et al.*, 1988) y el albaricoquero (Albuquerque *et al.*, 2004). La densidad floral muestra una baja heredabilidad, estimada entre 0,26 y 0,30 (Sarvisé y Socias i Company, 2004), lo que indica que los factores genéticos que controlan la densidad floral están condicionados en gran medida por el ambiente, especialmente por las condiciones climáticas de cada año (Bernad y Socias i Company, 1998).

Hasta ahora se ha dedicado poca atención a entender el efecto de los ramilletes de mayo en la densidad floral, la productividad y la producción regular en el almendro (Kester y Gradziel, 1996; Polito *et al.*, 2002). El número medio de ramilletes de mayo, la densidad de ramilletes de mayo y el número de yemas por ramillete de mayo en cada genotipo mostraron diferencias significativas, siendo las selecciones G-3-5, G-2-22 y G-4-3 las de mayores valores para estos parámetros. Aunque estos valores dependen tanto del genotipo como del año, la baja interacción genotipo \times año indica que las selecciones no cambian en su rango de clasificación de un

año a otro. Por ello estos parámetros pueden considerarse características varietales y permiten clasificar los genotipos de almendro según la densidad y las características de los ramilletes de mayo, como ya se ha hecho para otros tipos de ramas fructíferas (Gülcan, 1985; Kester y Gradziel, 1990). La gran variabilidad observada para estos parámetros físicos es especialmente llamativa porque todas las selecciones son de la misma progenie, lo que podría reflejar la gran heterosis presente en el almendro (Socias i Company y Felipe, 1992b).

Algunas de las diferencias encontradas entre los años pueden deberse tanto a las diferencias climáticas de un año a otro como a la presencia o no de vejería. En el almendro, como en las otras especies (Bustamante-García, 1980; Raseira y Moore, 1986), la densidad floral depende de la iniciación floral que tiene lugar durante el año anterior (Lamp *et al.*, 2001), desde el principio al fin del verano, según el cultivar y las condiciones ambientales (Jacobini y Pinnola, 1994). Cualquier desequilibrio durante este período puede desplazar o dañar el desarrollo normal de la iniciación y diferenciación floral (Lamp *et al.*, 2001; Sedgley y Griffin, 1989). El agua también juega un papel importante en el desarrollo de la yema, especialmente durante el verano, y cualquier estrés hídrico puede condicionar este proceso llegando a la inhibición de la formación de flores (Kester, 1978). El resultado final del estrés hídrico es una reducción en el número de yemas florales (Goldhamer y Viveros, 2000). Este fenómeno puede ser el resultado de una nutrición deficiente de la planta debido a la falta de acumulación de carbohidratos (Kozłowski *et al.*, 1991) o a una distribución deficiente de los nutrientes en el interior de la planta a causa de un desequilibrio entre el crecimiento vegetativo y la diferenciación floral (Goldhamer y Viveros, 2000). El verano de 2003 fue extremadamente cálido, y este hecho pudo tener un efecto negativo en la diferen-

ciación floral dando como resultado una menor densidad floral.

Estas selecciones no han mostrado vejería durante estos dos años. Sin embargo, se ha señalado la existencia de diferencias entre genotipos (Socias i Company *et al.*, 2004), y también que algunos cultivares tienen una tendencia a la vejería si no se cultivan de manera adecuada, como 'Marcona', 'Cristomorto' (Felipe, 2000), 'Ferraduel' (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1980), 'Price' y 'Sonora' (Kester y Gradziel, 1996).

Cuajado, densidad de frutos y productividad

La evaluación de la producción en el almendro se basa en un conjunto de parámetros que incluyen el número de frutos por árbol, el peso de la pepita y el porcentaje de defectos (Kester y Gradziel, 1996; Godini, 2002). Estos parámetros dependen a su vez de otras características, tales como la densidad floral, y se encuentran bajo un control genético y ambiental (Kester, 1989). Por ello, la definición y la evaluación de la producción en el almendro es difícil (Socias i Company *et al.*, 1998), aunque un cultivar que produzca un número elevado de frutos por árbol y, por lo tanto, por hectárea, será considerado productivo (Godini, 2002). La presencia de diferencias significativas entre selecciones y entre años (tabla 4) muestra que ambas variables influyen sobre los parámetros medidos, pero la baja interacción genotipo \times año para la productividad permite establecer una clasificación de los genotipos de almendro según su productividad, que puede utilizarse en el proceso de selección de nuevos cultivares de almendro porque el orden de su clasificación se mantendrá a lo largo de los años.

El cuajado no alcanzó el 25% en ninguna selección en los dos años (tabla 3), inferior al 30%, que se considera el umbral para una

cosecha comercial (Kester y Griggs, 1959). Sin embargo, es muy difícil establecer un nivel aceptable de cuajado para todos los casos a causa de la gran variabilidad de la densidad floral entre los cultivares de almendro (Socias i Company, 1988), así como de la calidad floral (Bernad y Socias i Company, 1995; Socias i Company, 1983), de la auto-compatibilidad (Ben Njima y Socias i Company, 1995; Socias i Company y Felipe, 1992a), del clima durante y después de la floración (Felipe, 1988; Kodad y Socias i Company, 2004) y de las condiciones en que se desarrolla el cultivo. La variabilidad significativa del cuajado entre estas selecciones confirma los resultados ya señalados en el almendro (Dicenta *et al.*, 2001; Socias i Company *et al.*, 2004). Aunque en conjunto el efecto del año no fue significativo (tabla 4), algunas selecciones mostraron diferencias significativas entre años, como G-2-22, G-3-12 y G-4-3. Ello implica que el comportamiento de cada genotipo depende de su entidad biológica (Socias i Company *et al.*, 2004), pero, al igual que en otras especies, como en el albaricoquero (Alburquerque *et al.*, 2004) y en el peral (Atkinson y Taylor, 1994; Atkinson y Lucas, 1996), el cuajado se mostró influenciado por otros factores.

Todas las selecciones casi coincidieron en su floración, y sólo las selecciones G-2-25 y G-1-27 florecieron un poco más tarde en 2004 (fig. 1). Por ello, todas las selecciones florecieron bajo las mismas condiciones climáticas, aunque la reacción de cada selección fue diferente, como era de esperar debido al comportamiento de otros genotipos de almendro (Felipe, 1988; Kodad y Socias i Company, 2004; Socias i Company *et al.*, 2004).

Las selecciones con las medias de productividad y de densidad de fruto mayores fueron G-3-5 (14,85 frutos/cm²; 0,14 frutos/cm) y G-4-3 (15,01 frutos/cm²; 0,12 frutos/cm), mientras que G-3-12 mostró los valores inferiores

(4,78 frutos/cm²; 0,05 frutos/cm). Estos valores son menores que en otras selecciones de almendro (Socias i Company *et al.*, 2004) y pueden deberse a la identidad de las selecciones, al efecto del año o a la menor edad de los árboles del presente estudio.

La densidad floral mostró una gran correlación fenotípica con el número y la densidad de ramilletes de mayo, pero menor con el número de yemas por ramillete de mayo (tabla 5). Además, el número de ramilletes de mayo mostró una elevada correlación positiva con la densidad de frutos y la productividad. Estas correlaciones indican que cuanto mayor sea el número de flores en estas selecciones auto-compatibles, tanto mayor será la probabilidad de que estas flores se fecunden adecuadamente para asegurar un buen nivel de cuajado y, con ello, una cosecha comercial, mostrando que la densidad floral está positivamente correlacionada con el cuajado, como ya se ha mencionado (Byers y Marini, 1994; Socias i Company, 1988).

La fructificación sobre ramilletes de mayo aumenta en el almendro la superficie productiva y permite extender el período productivo de la rama durante varios años (Kester y Gradziel, 1996), como ya se ha indicado para el albaricoquero (Alburquerque *et al.*, 2003). Por ello, para mantener la producción también es aconsejable seleccionar para una elevada densidad de ramilletes de mayo, independientemente del número de flores por ramillete de mayo. Además, en condiciones en las que los riesgos de helada son elevados, un gran número de flores pueden compensar los daños de las heladas y permitir un nivel de cosecha aceptable, como se ha observado con algunas de estas selecciones de elevada densidad floral después de una helada (Kodad y Socias i Company, 2004), de forma semejante a lo observado en el melocotonero (Okie y Werner, 1996; Werner *et al.*, 1988).

Frutos de las diferentes ramas fructíferas

Las diferencias encontradas entre los frutos procedentes de los diferentes tipos de ramas fructíferas muestran que existe variabilidad entre algunos parámetros físicos de los frutos del mismo árbol. Estas diferencias reflejan el vigor de cada rama fructífera y el número de frutos en cada rama. Los ramilletes de mayo miden generalmente menos de 2,5 cm con un diámetro aproximado de 5 mm, pero sostienen a 4-5 frutos, o incluso 6. Esta concentración de frutos en un pequeño espacio provoca una competencia por nutrientes entre los frutos que conduce a un menor tamaño y peso, aunque este fenómeno es menor en el almendro que en otras especies (Felipe, 2000), en las que se ha encontrado una correlación directa entre el peso del fruto y la superficie foliar por fruto (Ferree y Cahoon, 1987; Lauri *et al.*, 1996; Maust *et al.*, 1999; Roper y Loescher, 1987; Weinberger, 1931). Por otro lado, los frutos sobre brotes del año tienen más espacio disponible y una menor competencia entre frutos que en los ramilletes de mayo. Todas estas diferencias resaltan la necesidad de tener en cuenta la posición y la distribución de las ramas fructíferas en cada cultivar para decidir las técnicas de cultivo más apropiadas para cada uno, especialmente la poda, como ya se ha indicado para otras selecciones de almendro (Bernad y Socias i Company, 1998), así como para otras especies frutales (Denby *et al.*, 1988; Kappel y Lichou, 1994).

Las diferencias en el tamaño del fruto pueden influir en el valor final de la cosecha porque las pepitas se calibran durante su proceso industrial y el mercado prefiere pepitas grandes. Sin embargo, a diferencia del tamaño del fruto, la productividad no viene afectada en el almendro por el tipo de rama fructífera ya que está determinada especialmente por el número de frutos por árbol (Felipe, 2000; Godini, 2002). La ausencia de diferencias significativas en el índice de esfericidad entre los

frutos de los dos tipos de ramificación indica que la forma del fruto y de la pepita es una clara característica del cultivar (Gülcan, 1985) y probablemente la razón por la que la calidad del almendro se ha definido hasta ahora exclusivamente por parámetros físicos (Socias i Company *et al.*, 2008). La uniformidad de los frutos del almendro permite la racionalización de las operaciones de cultivo, como la recolección, el despellejado, el transporte, el almacenaje y el descascarado, con una maquinaria bien adaptada a cada tipo de fruto, así como el mantenimiento de la imagen comercial de cada cultivar, que puede ser fácilmente identificado por el consumidor.

Conclusiones

Estos resultados permiten considerar que cuatro genotipos, G-2-25, G-5-25, G-3-5 y G-6-14, pueden considerarse selecciones prometedoras en los aspectos considerados, especialmente por su buen nivel de cuajado y, por consiguiente, su buena productividad y su falta de vecería. Además, estas selecciones presentan una elevada densidad floral, adecuada para asegurar una producción elevada y regular a lo largo de los años porque producen las flores sobre todo en ramilletes de mayo, lo que permite su producción durante varios años. Finalmente, estas selecciones se caracterizan por una época de floración muy tardía, lo que permite una estrategia de escape de las heladas tardías.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto AGL2004-00674-C02-01 de la CICYT. OK agradece la financiación del INIA y del grupo consolidado A12 de Aragón. Se agradece igualmente el apoyo técnico de J. Búbal, O. Frontera y J.M. Ansón.

Bibliografía

- Albuquerque N, Burgos L, Egea J, 2003. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. *Scientia Hort.* 98, 265-276.
- Albuquerque N, Burgos L, Egea J, 2004. Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. *Scientia Hort.* 102, 397-406.
- Atkinson CJ, Lucas AS, 1996. The response of flowering date and cropping of *Pyrus communis* cv. 'Concorde' to autumn warming. *J. Hort. Sci.* 71, 427-434.
- Atkinson CJ, Taylor L, 1994. The influence of autumn temperature on flowering time and cropping of *Pyrus communis* cv. 'Conference'. *J. Hort. Sci.* 69, 1067-1075.
- Aydin C, 2003. Physical properties of almond nut and kernel. *J. Food Engineer.* 60, 315-320.
- Ben Njima N, Socias i Company R, 1995. Characterization of some self-compatible almonds. I. Pollen tube growth. *HortScience* 30, 318-320.
- Bernad D, Socias i Company R, 1995. Characterization of some self compatible almonds. II. Flower phenology and morphology. *HortScience* 30, 321-324.
- Bernad D, Socias i Company R, 1998. Bud density and shoot morphology of some self-compatible almond selections. *Acta Hort.* 470, 273-279.
- Bruchou C, Génard M, 1999. A space-time model of carbon translocation along a shoot bearing fruits. *Ann. Bot.* 84, 565-576.
- Bustamente-García MA, 1980. Influence of different irrigation regimes on flower bud formation and development in peach trees. MS thesis, Univ. Calif., Davis.
- Byers RE, Marini RP, 1994. Influence of blossom and fruit thinning on peach flower bud tolerance to an early spring freeze. *HortScience* 29, 146-148.
- Church RM, Williams RR, 1983. Comparison of flower number and pollen production of several dessert apple and ornamental *Malus* cultivars. *J. Hort. Sci.* 58, 327-336.
- De Silva HN, Hall AJ, Cashmor WM, Tustin DS, 2000. Variation of fruit size and growth within an apple tree and its influence on sampling methods for estimating the parameters of mid-season size distributions. *Ann. Bot.* 86, 493-501.
- Denby LG, Meheriuk M, Brownlee R, 1988. Effect of training system on yield in 'Early Redhaven' peach. *Fruit. Var. J.* 42, 49-52.
- Dicenta F, Ortega E, Cánovas JA, Egea J, 2002. Self-pollination vs. cross-pollination in almond: pollen tube growth, fruit set and fruit characteristics. *Plant Breed.* 121, 163-167.
- Felipe AJ, 1977. Almendro. Estados fonológicos. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 27, 8-9.
- Felipe AJ, 1988. Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. *Rap. EUR* 11557, 145-148.
- Felipe AJ, 2000. El almendro: el material vegetal. Integrum, Lérida.
- Ferree DC, Cahoon GA, 1987. Influence of leaf to fruit ratios and nutrient sprays on fruiting, mineral elements, and carbohydrates of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112, 445-449.
- Godini A, 2002. Almond fruitfulness and role of self-fertility. *Acta Hort.* 591, 191-204.
- Goldhamer DA, Viveros M, 2000. Effects of pre-harvest irrigation cut-off duration and post-harvest water deprivation on almond tree performance. *Irrig Sci.* 19, 125-131.
- Grasselly C, Crossa-Raynaud P, 1980. L'amandier. G.P. Maisonneve et Larose, Paris.
- Gülcan R, 1985. Almond discriptors (revised). IBPGR, Roma, 30pp.
- Jacoboni A, Pinnola IA, 1994. Climatological relationships of almond. *Acta Hort.* 373: 167-169.
- Kappel F, Lichou J, 1994. Flowering and fruiting of 'Burlat' sweet cherry on size-controlling rootstock. *HortScience* 29, 611-612.
- Kester DE, 1978. Cultural systems and rootstocks of the almond. I Congr. Int. Almendra y Avelana, 25-28 October 1976, Reus, Spain, pp. 783-799.

- Kester DE. 1989. An almond development model for analyzing yield. *HortScience* 24, 133.
- Kester DE, Gradziel TM, 1990. Growth habit trait nomenclature in almond and peach phenotypes. *HortScience* 25, 72.
- Kester DE, Gradziel TM, 1996. Almonds. En: J Janick y JN Moore (eds.): *Fruit Breeding*, vol III. J. Wiley & Sons, New York, pp. 1-97.
- Kester DE, Griggs WH, 1959. Fruit setting in almond: the effect of cross-pollinating various percentages of flowers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74, 214-219.
- Kodad O, Socias i Company R, 2004. Differential flower and fruit damages by spring frosts in almond. *Nucis* 12, 5-7.
- Kozlowski TT, Kramer PJ, Pallardy SG, 1991. The physiological ecology of woody plants. Stanford Univ., Stanford, California.
- Lamp BM, Connell JH, Duncan RA, Viveros M, Polito VS, 2001. Almond flower development: floral initiation and organogenesis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126, 689-696.
- Lauri PE, Térouanne E, Lespinasse JM, 1996. Quantitative analysis of relationships between size, bearing-axis size and fruit-set- an apple tree case study. *Ann. Bot.* 77, 277-286.
- Maust BE, Williamson JG, Darnell RL, 1999. Effects of flower bud density on vegetative and reproductive development and carbohydrate relations in southern highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124, 532-538.
- Mohsenin NN, 1980. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publ., New York.
- Okie WR, Werner DJ, 1996. Genetic influence on flower bud density in peach and nectarine exceeds that of environment. *HortScience* 31, 1010-1012.
- Polito VS, Pinney K, Heerema R, Weinbaum SA, 2002. Flower differentiation and spur leaf area in almond. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77, 474-478.
- Raseira MCB, Moore JN, 1986. Comparison of flower bud initiation in peach cultivars in northern and southern hemispheres. *HortScience* 21, 1367-1368.
- Roper TR, Loescher WH, 1987. Relationship between leaf area per fruit and fruit quality in 'Bing' sweet cherry. *HortScience* 22, 1273-1276.
- Sarvisé R, Socias i Company R, 2005. Variability and heritability of bud density and branching habit in almond. *Acta Hort.* 663, 401-404.
- SAS Institute, 2000. SAS/STAT user's guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Sedgley M, Griffin AR, 1989. Sexual reproduction of tree crops. Academic Press, London.
- Simidchev T, 1976. Pollen production of some trees. *Int. Symp. Melliferous Flora*, Budapest, September 1976. *Apimondia*, pp. 85-90.
- Socias i Company R, 1983. Flower sterility in almond. *Acta Hort.* 139, 69-74.
- Socias i Company R, 1988. La densité florale comme critère variétale chez l'amandier. *Rap. EUR* 11557, 145-148.
- Socias i Company R, Felipe AJ, 1992a. Self-compatibility and autogamy in 'Guara' almond. *J. Hort. Sci.* 67, 313-317.
- Socias i Company R, Felipe AJ, 1992b. Almond: a diverse germplasm. *HortScience* 27, 717-718, 803.
- Socias i Company R, Felipe AJ, Gómez Aparisi J, García JE, Dicenta F, 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470, 51-56.
- Socias i Company R, Felipe AJ, Gómez-Aparisi J, 1999. A major gene for flowering time in almond. *Plant Breed.* 118, 443-448.
- Socias i Company R, Alonso JM, Gómez Aparisi J, 2004. Fruit set and productivity in almond as related to self-compatibility, flower morphology and bud density. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79, 754-758.
- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Gradziel TM, 2008. Almond quality: a breeding perspective. *Hort Rev.* 34, 197-238.
- Weinberger JH, 1931. The relation of leaf area to size and quality of peaches. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 28, 18-22.

Werner DJ, Mowrey BD, Chaparro JX, 1988. Variability in flower bud number among peach and nectarine clones. HortScience 23, 578-580.

Williams RR, 1965. The effect of summer nitrogen application on the quality of apple blossom. J. Hort. Sci. 40, 31-41.

(Aceptado para publicación el 18 de abril de 2008)

Consecuencias del manejo integrado de malas hierbas sobre la organización del trabajo y la rentabilidad económica de la explotación agrícola

G. Pardo, M.J. Rivarololona*, M.S. Petit**, P. Farcy***, N. Munier-Jolain*

EUITA. Universidad de Sevilla. Carretera de Utrera, km 1, 41013 Sevilla. e-mail: gpardo@us.es

* INRA, UMR Biologie et Gestion des Adventices, BP 86510, 21065 Dijon Cedex, France

** Chambre régionale d'Agriculture de Bourgogne, 3 rue du Golf, 21800 Quetigny, France

*** INRA, Unité Expérimentale d'Époisses, 21110 Breteniere, France

Resumen

Este trabajo tiene por objeto analizar la viabilidad de los sistemas de protección integrada de malas hierbas desde el punto de vista de la organización del trabajo y de la rentabilidad económica. Para ello se comparan cuatro sistemas de protección integrada que reducen o suprimen el aporte de herbicidas, con un sistema convencional. La metodología combina el uso de un programa de simulación con los resultados reales obtenidos en ensayos localizados en una finca experimental del INRA en Dijon (Francia) durante el periodo de 2000 a 2006. Así, se estiman los problemas de organización de trabajo y el margen neto de las explotaciones utilizando los datos reales del experimento de campo. En cuanto a la organización de trabajo, los resultados muestran que las técnicas de control integrado, como la realización de falsas siembras en combinación con un retraso en la fecha de siembra, implican problemas a la hora de efectuar esta operación, como consecuencia de las peores condiciones meteorológicas. Sin embargo, las labores de control mecánico, una vez implantado el cultivo, se llevan a cabo sin problemas derivados de la climatología ni coincidencia con otras operaciones. En cuanto a los aspectos económicos, los sistemas de control integrado (i) incrementan los costes de maquinaria, (ii) disminuyen los costes asociados a la aplicación de pesticidas, (iii) disminuyen el margen neto por hectárea y (iv) puede aumentar el margen neto por hora trabajada en comparación con el sistema convencional.

Palabras clave: Control integrado, Sistema convencional, Análisis económico, Simulación, Organización de trabajo.

Summary

Effects of integrated weed control on labour organization and economic profitability of farms

This paper aims at assessing the performances of four cropping systems prototyped according to the principles of Integrated Weed Management (IWM) agricultural practices. The purpose of the study is to analyse the viability of these IWM cropping systems, focusing on the labor organization at the farm level and on the economic profitability. We compared four variants of IWM cropping systems (S2-S5) with the conventional system (S1) in an experimental farm located in Dijon (France). The methodology combines the empirical results from the field experiments with simulations with a computing program to analyse the working time and the net margin of different systems considered. The data used was derived from the techniques really implemented on the INRA experiment from 2000 to 2006.

Regarding the labour feasibility, results showed that the decision rules in IWM induced problems and soil seed bed preparation and cereal sowing. Late wheat sowing for escaping the period of autumn weed emergence delayed those operations in a period with less favourable weather conditions. Mechanical weeding was rather easily inserted in the labour organisation plan.

Regarding economic profitability, IWM systems are associated with (i) increased machinery costs, (ii) lower operational costs due to lower pesticide costs, (iii) mean net returns per hectare decreased as compared to the standard system because of lower yield value iv) mean net returns per hour can rise because of better labour organisation.

Key words: Conventional system, Functional organization, Economic analysis, Crop management, Simulation.

Introducción

Los sistemas de producción de cereales son en la actualidad muy dependientes de la aplicación de herbicidas. Estos productos han facilitado enormemente al agricultor las labores de escarda, pero su uso masivo ha generado problemas medioambientales e incluso de falta de eficacia por la aparición de biotipos resistentes en las arvenses. Para hacer frente a estos problemas, los sistemas de manejo integrado, pueden representar una opción interesante ya que, aunque el uso de herbicidas no está prohibido, sí está restringido y limitado a aquellas materias activas de menor impacto ambiental.

La Directiva del Consejo de 15 de julio de 1991 (91/414/CEE), define el manejo integrado de malas hierbas (Integrated Weed Management, IWM) como *"la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o selección de vegetales de modo que la utilización de productos fitosanitarios químicos se limite al mínimo necesario para mantener la población en niveles inferiores a los que producirían daños o pérdidas inaceptables desde el punto de vista económico"*. A efectos prácticos, ello supone la eliminación de cualquier tratamiento químico por sistema o programado de antemano. En consecuencia, ha de vigilarse permanentemente la explotación para aplicar cualquier tratamiento sólo en el caso y en la zona en que sea necesario, haciendo uso de una combinación de distintos métodos de control de malas hierbas.

La decisión sobre la adopción de sistemas de control integrado de malas hierbas requiere valorar el impacto sobre distintos aspectos. En primer lugar debe evaluarse si estos sistemas son eficaces en el control de arvenses a largo plazo. Hay que tener en cuenta que los sistemas integrados requieren la aplicación de una gama de medidas (preventivas, culturales y mecánicas) para controlar las arvenses, y éstas deben combinarse correctamente, puesto que el efecto de cada una sobre las malas hierbas es parcial y suele ser pequeño en comparación con una herramienta potente como es un tratamiento herbicida, adecuado tal y como muestran Munier-Jolain et al. (2005). En este sentido algunos estudios previos de larga duración (6 años), como los de Chikowo et al. (2007) en la Borgoña francesa, han demostrado la viabilidad de cuatro sistemas diferentes de control integrado para el buen manejo de arvenses en cultivos herbáceos. También Swanton et al. (2002) en Canadá, obtuvieron un control muy aceptable de la flora arvense utilizando un sistema integrado con una rotación de maíz-soja-trigo en un ensayo de 8 años y con cosechas similares a las obtenidas con un método convencional.

En segundo lugar, debe valorarse si efectivamente los sistemas integrados tienen menos efectos negativos sobre el medio ambiente que los sistemas de control convencionales. A este respecto, el trabajo de Chikowo et al. (2007) mostró que el impacto ambiental de los herbicidas, utilizados en tres de los sistemas integrados ensayados, se redujo en más de la mitad con respecto al sistema conven-

cional, mientras que en el cuarto sistema ensayado el impacto fue nulo, puesto que el desherbado era en su totalidad mecánico. El uso de cubiertas vegetales tiene también efectos beneficiosos como la optimización de los recursos naturales (radiación solar, agua, sustancias nutritivas del suelo), la reducción de la escorrentía del agua, la erosión y el lixiviado de nutrientes, y la reducción de la incidencia de las malas hierbas de manera muy importante (Lal et al., 1991).

En tercer lugar, es necesario estudiar el efecto que la adopción de los sistemas integrados tiene sobre la organización de trabajo en las explotaciones, lo cual repercute de forma clara en la rentabilidad económica de las mismas. Así, por ejemplo, un pilar fundamental en la producción integrada es llevar a cabo una rotación lo más diversificada posible, que incluya especies con ciclos de desarrollo distintos. Esto supondrá disponer de un mayor número de aperos adaptados a estas nuevas especies, lo cual conllevará un coste adicional y una nueva distribución del trabajo a lo largo del año. Al mismo tiempo, estos cambios pueden tener un efecto beneficioso, ya que obligan a distribuir mejor las labores necesarias a lo largo del año, eliminando "picos" de trabajo. Ambos efectos deben tomarse en consideración a la hora de evaluar correctamente no sólo la viabilidad agronómica sino también organizativa y económica del sistema integrado.

Otros métodos de control de arvenses en sistemas integrados pueden incluir también la realización de falsas siembras, el uso de cubiertas vegetales antes del implante del cultivo, el empleo de especies o variedades que sean más competitivas con las arvenses (Lemerle et al., 1996), retrasos en las fechas (Rasmussen, 2004) y aumentos en las dosis de siembra (Lemerle y Murphy, 2000) y el empleo de desherbadores mecánicos (binadoras, gradas de varillas flexibles, etc.) (Rasmussen, 1993). Todas estas técnicas favorecen el con-

trol de arvenses pero pueden suponer un coste mayor y un aumento de las horas de trabajo en la explotación, que no lleva aparejada una mejora económica inmediata en forma de mayores cosechas. Además, aunque se permite la utilización de herbicidas, éstos deben tener el menor impacto ambiental posible, por lo que su eficacia suele ser menor.

Aunque existen algunos antecedentes en la literatura que evalúan el impacto de los sistemas integrados sobre el control de arvenses y el rendimiento de los cultivos, no existen trabajos en los que se evalúen de forma conjunta los efectos sobre la organización del trabajo y la rentabilidad económica de las explotaciones. Por tanto, los objetivos concretos de este trabajo son: i) evaluar las consecuencias sobre la organización de trabajo de los distintos sistemas de control integrado ensayados; ii) estudiar la viabilidad económica de distintos sistemas de control integrado de malas hierbas, comparándolos con un sistema de control convencional.

Para llevar a cabo este tipo de análisis, combinamos los resultados obtenidos en un experimento de campo de larga duración, con el uso de un programa de simulación que permite contabilizar las horas de trabajo en la explotación y evaluar la rentabilidad económica de los distintos sistemas de producción. Esta metodología combinada no ha sido empleada hasta ahora en la literatura y los resultados aportan nuevos elementos al debate sobre la viabilidad de los sistemas integrados como alternativa del sistema convencional.

Material y métodos

Experimento en campo y descripción de los sistemas ensayados

El experimento de campo se localizó en la finca experimental que el Institut National

de la Recherche Agronomique (INRA) dispone en Dijon, al este de Francia, en una latitud de 47° 20' N, longitud 5° 0' E, con una pluviometría media anual 732 mm y clima continental. El ensayo abarcó las campañas 2000-01/2005-06. La finca tiene una extensión de unas 150 ha.

Se ensayaron cinco modelos de producción distintos: cuatro sistemas de producción integrada y un sistema convencional que sirve de base para la comparación de los resultados. El objetivo central del estudio es analizar conjuntamente los efectos ambientales, agronómicos, organizativos y económicos de los sistemas integrados. Por ello, la filosofía del experimento persigue un doble propósito: en primer lugar se trata de ensayar distintos sistemas integrados y comparar el impacto ambiental de los mismos con el provocado en la agricultura convencional. Para ello, y siguiendo los trabajos previos de Munier-Jolain *et al.* (2005) y Chikowo *et al.* (2007) los sistemas se han diseñado de tal forma que abarcan un gradiente decreciente del impacto ambiental ligado a los herbicidas, desde el sistema S1 (máxima utilización de herbicidas), al sistema S5 en el que no se utiliza ningún herbicida. En segundo lugar, se trata de evaluar la eficacia en el control de malas hierbas utilizando distintos tipos de controles que se consideran admisibles dentro de los sistemas integrados. Así, los sistemas S2, S3, S4 y S5 abarcan una gama suficientemente amplia de controles de arvenses con técnicas mecánicas, culturales y químicas. Los criterios agronómicos seguidos, así como el itinerario técnico de cada sistema se resumen en la tabla 1.

Para cada uno de los sistemas descritos se realizaron dos repeticiones: una al este de la finca experimental (cuyas parcelas se denominaron Ax) y la otra situada 1 km al oeste (cuyas parcelas se denominaron Dx). En total, se ha trabajado en un total de 10 parcelas elementales cuya superficie es de unas 1,7 ha. Esta gran superficie de parcela tiene la ventaja de limitar los problemas de distribución aleatoria de arvenses en el terreno, que suelen presentarse con cierta frecuencia, y de evitar el flujo de semillas de una parcela a otra. Además permite realizar las labores con maquinaria agrícola común, si bien requiere mucho tiempo en la realización de las labores y en la toma de datos. Como se observa en la tabla 2 y con el objetivo indicado previamente, no se ha seguido un diseño factorial, en el que se repitan las mismas especies y técnicas en parcelas Ax y Dx, sino que se repiten principios que definen cada sistema.

En el sistema de referencia S1 (agricultura convencional) la rotación efectuada fue trigo-cebada-colza, que es la más frecuente en el centro-este de Francia en las fechas normales de siembra.¹ Además se aplicó labor de vertedera todos los años en el verano. Los herbicidas fueron elegidos para maximizar la eficacia y la rentabilidad económica, tal como se indica en los objetivos ambientales de la tabla 1.

En los sistemas de control integrado de malas hierbas no hay una regla fija de rotación de cultivos, de tal manera que la especie elegida depende de criterios agronómicos (entre ellos cantidad y tipo de flora arvense). Por consiguiente, en la práctica hay mucha mayor diversidad de cultivos, y las especies se

1. La colza se siembra a final de agosto y los cereales de invierno a principio de octubre.

Tabla 1. Objetivos agroambientales, itinerario técnico y modo de desherbado de los diferentes sistemas ensayados

Table 1. Environmental objectives, technical itinerary and weed control method used in different systems

Sistema de cultivo	Objetivos agroambientales	Itinerario técnico	Desherbado
S1 Agricultura convencional	Maximizar los resultados económicos	Razonar aplicación por aplicación	Químico, optimización precio-eficacia
S2 Protección integrada simplificada. Sin labor de vertedera ni desherbado mecánico	Limitar los tiempos de trabajo, reducción moderada de los impactos medioambientales ligados a los herbicidas	Sin labor profunda y sustituida por trabajos superficiales. Introducción de cubiertas vegetales con efectos alelopáticos. Falsa siembra, reducción moderada de los niveles de fertilización. Variedades competitivas	Desherbado únicamente químico, pero razonado con arreglo a criterios ecotoxicológicos y con arreglo al estado malherbológico
S3 Protección integrada sin desherbado mecánico	Reducir los impactos ecológicos vinculados a los herbicidas todavía de modo más ambicioso	Máxima aplicación de las prácticas culturales para contribuir a mantener las infestaciones. Labor profunda de suelo con arreglo a la biología de las especies presentes, lo que lleva a una labor cada dos años.	Desherbado únicamente químico, pero razonado con arreglo a criterios ecotoxicológicos y con arreglo al estado malherbológico
S4 Protección integrada con desherbado mecánico	Reducir los impactos ecológicos vinculados a los herbicidas todavía de modo más ambicioso	Máxima aplicación de las prácticas culturales para contribuir a mantener las infestaciones. Labor profunda de suelo con arreglo a la biología de las especies presentes, lo que lleva a una labor cada dos años.	Desherbado mecánico preferiblemente (grada de varillas flexibles, binadoras) desherbado químico si es necesario
S5 Protección integrada sin desherbado químico	Ningún herbicida de síntesis	Máxima aplicación de las prácticas culturales para contribuir a mantener las infestaciones	Únicamente desherbado mecánico

Tabla 2. Rotaciones de las parcelas, tipo de laboreo aplicado y técnicas de desherbado mecánico (binas o grada de varillas flexibles) o herbicida (materia activa y/o marca comercial)
 Table 2. Rotations in plots, type of tillage applied and mechanical weed control procedure (hoeing or flex tine harrow) or herbicide (active ingredient and/or commercial product)

N°	Parcela	Laboreo de suelo	Cosecha 2001	Laboreo de suelo	Cosecha 2002	Laboreo de suelo	Cosecha 2003	Laboreo de suelo	Cosecha 2004	Laboreo de suelo	Cosecha 2005	Laboreo de suelo	Cosecha 2006
S1	A7	Labor vertedera	Trigo de invierno Isoproturon First	Labor vertedera	Colza trifluralin Butisan, Kerb	Labor vertedera	Trigo de invierno Isoproturon First, Lexus M	Labor vertedera	Cebada de invierno Isoproturon First, Starane	Labor vertedera	Colza trifluralin Butisan Kerb	Labor vertedera	Trigo de invierno Isoproturon First glyphosate
D1		Labor vertedera	Trigo de invierno Isoproturon First Starane	Labor vertedera	Cebada de invierno Quartz GT	Labor vertedera	Colza trifluralin Butisan Fusilade	Labor vertedera	Trigo de invierno glyphosate Archipel	Labor vertedera	Cebada de invierno Isoproturon Briotril	Labor vertedera	Colza trifluralin Butisan
S2	A8	Labor superficial	Trigo de invierno Lontrel	Labor superficial	(Avena) Soja Ronstar Targa D+ Fusilade	Labor superficial	Trigo de invierno Lexus M.	Labor superficial	Colza Devrinol	Labor superficial	Trigo Atlantis Starane Allié	Labor superficial	Cebada de primavera glyphosate Chardex
D2		Labor superficial	Trigo de invierno Gratil	Labor superficial	Cebada de invierno	Labor superficial	Soja trifluralin Ronstar	Labor superficial	Trigo de invierno Archipel	Labor superficial	Colza Dévriol Stratos	Labor superficial	Triticale Archipel glyphosate
S3	A6	Labor vertedera	(Mostaza) Soja Ronstar Targa D+	Labor superficial	Trigo de invierno Lexus M	Labor vertedera	(Facelia) Mostaza trifluralin Fusilade	Labor superficial	Trigo de invierno Lexus M	Labor vertedera	Colza trifluralin	Labor superficial	Triticale glyphosate Starter
D3		Labor superficial	Trigo de invierno Allié, Gratil	Labor vertedera	Colza Devrinol	Labor superficial	Trigo de invierno Lexus M.	Labor vertedera	(Avena) Soja Ronstar	Labor superficial	Cebada de primavera Harmony	Labor vertedera	Avena Chardex

Tabla 2. (Continuación)
Table 2. (Continuation)

N°	Parcela	Laboro de suelo	Cosecha 2001	Laboro de suelo	Cosecha 2002	Laboro de suelo	Cosecha 2003	Laboro de suelo	Cosecha 2004	Laboro de suelo	Cosecha 2005	Laboro de suelo	Cosecha 2006
S4	A5	Labor superficial	Trigo de invierno gradeo(2) Allié	Labor vertedera	(Mostaza) Cebada Primavera gradeo(2)	Labor superficial	Colza Gradeo(3) Stratos	Labor superficial	Trigo de invierno gradeo Cameo	Labor vertedera	Remolacha Bina (3) Glyphosate Safari (3) Betagri + Murena (3) Allié	Labor superficial	Triticale Descos- tradora (2) glyphosate Allié
D5		Labor superficial	Trigo de invierno gradeo (2) Allié	Labor vertedera	Colza gradeo(2)	Labor superficial	Trigo de invierno gradeo (4)	Labor vertedera	Remolacha Bina + Murena (3) Bina + Safari (1)	Labor superficial	Cebada de primavera gradeo (3) Allié	Labor vertedera	Haba Descos- tradora Bina (2) gradeo Challenge glyphosate
S5	A1	Labor vertedera	Cebada de invierno gradeo	Labor vertedera	Colza gradeo, Bina gradeo	Labor superficial	Trigo de invierno gradeo (3)	Labor vertedera	Cebada de invierno gradeo (3)	Labor vertedera	Haba gradeo (2) bina	Labor superficial	Triticale Descos- tradora
D4		Labor superficial	Trigo de invierno gradeo	Labor vertedera	Cebada de invierno gradeo (3)	Labor superficial	Colza Bina (3)	Labor vertedera	Trigo de invierno gradeo (3)	Labor vertedera	Girasol Gradeo Hue rotative Bina (2)	Labor superficial	Triticale Descos- tradora

Nota: Dosis de herbicida aplicada dentro del rango autorizado para cada producto. Las especies entre paréntesis son las utilizadas como cubiertas vegetales previas al implante del cultivo comercial. Los números entre paréntesis indican el número de pases realizado.

siembran en distintas épocas. La tabla 2 incluye la información sobre rotaciones realizadas en cada una de las 10 parcelas del ensayo, así como el tipo de laboreo aplicado en cada caso y las técnicas de desherbado mecánico (binas o grada de varillas flexibles) o herbicida (materia activa y/o marca comercial).

Con respecto a las fechas de siembra, en los sistemas integrados en que se usa un desherbado mecánico (S4 y S5) la siembra de la colza se adelanta respecto a lo que es normal para facilitar un binado posterior antes de la llegada del invierno, mientras que se retrasa en los sistemas en que no se realiza (S2 y S3).

Para los cultivos de cebada, trigo, triticale o haba, la fecha de siembra se retrasa al final del otoño para disminuir la presencia de arvenses (Rasmussen, 2004). La mostaza, haba y cebada de primavera se siembran a principio de primavera, mientras que la soja se siembra a final de la primavera en fechas habituales de la zona. Además, en el S4 se decidió incluir el cultivo de remolacha una vez cada 6 años, con el fin de examinar las posibilidades del desherbado mecánico y reducir así el aporte de herbicidas en un cultivo muy frecuente y rentable en la región de la Borgoña, cuya producción es muy dependiente del uso de herbicidas.

En todos los sistemas integrados se realizaron falsas siembras para estimular las nascencia de arvenses y eliminarlas con labores sucesivas. La densidad de siembra fue alta en todos los sistemas integrados. En el caso de cebada y trigo aproximadamente un 75% más alta que en el sistema de referencia.

La distancia entre líneas fue de 12,5 cm excepto en cultivos susceptibles de ser binados (colza, remolacha y haba). En S3, S4 y S5 se realizó una labor de vertedera cada dos años, pues experimentos precedentes de Jouy y Munier-Jolain (2001) mostraron que

invirtiendo capas del terreno cada dos años se reducen las posibilidades de germinación de la mayoría de especies arvenses en una rotación de cultivos de invierno y primavera. Por el contrario en el sistema S2 no se realizó ninguna labor de vertedera, y únicamente se hicieron labores superficiales.

Por último, y antes del cultivo de especies de primavera, en ocasiones se realizaron cubiertas de cultivo en las parcelas mediante la siembra en el otoño de especies como avena, facelia (*Phacelia tanacetifolia*) y mostaza (*Brassica juncea* L) para ser enterradas antes del implante del cultivo definitivo y con el fin de manejar las arvenses y limitar las pérdidas de nutrientes durante el invierno.

Descripción de la simulación

Para analizar de forma conjunta los aspectos organizativos y económicos se han empleado técnicas de simulación. Concretamente se ha empleado el paquete de simulación "Equip'Agro", desarrollado por la Chambre d'Agriculture y la CUMA (cooperativa de uso de material agrícola) de la Borgoña y utilizado para la gestión económica y organización de trabajo de las explotaciones agroganaderas de la zona. La ventaja de esta herramienta es que permite combinar el estudio de los aspectos agronómicos y ambientales con el análisis económico y de organización de trabajo utilizando los datos reales de la explotación. El simulador cuenta con una base de datos interna que permite contabilizar las horas de trabajo en cada explotación tomando como referencia la maquinaria utilizada en cada sistema y su capacidad de trabajo. Además, "Equip'Agro" permite realizar un estudio de los costes e ingresos de la explotación, con el cual pueden obtenerse una gran diversidad de variables económicas relevantes para la toma de decisiones del agricultor.

Para obtener un rendimiento satisfactorio del simulador es necesario introducir una serie de datos referentes a fechas y tipo de labores, capacidad de trabajo de la maquinaria, disponibilidad de horas de trabajo y días agronómicamente practicables. Las variables de salida relacionadas con la organización comprenden una contabilización de horas en diversos periodos y las disponibilidades netas y brutas de trabajo. Por su parte, las variables económicas de salida incluyen magnitudes como los márgenes económicos bruto y neto y desgloses de ingresos y costes por partidas. A partir de los datos obtenidos del simulador se pueden calcular los ratios económicos de rentabilidad y de costes de trabajo.

En la simulación se han replicado los itinerarios técnicos del experimento de campo en cada parcela, pero con el objeto de hacerlos más realistas, se han adaptado a una explotación de tamaño medio de la Borgoña (133 ha), en la que se cultivan las mismas especies del experimento. La simulación supone que se cultivan todas las especies en la misma campaña a razón de 20 ha cada una, quedando una superficie de barbecho de 13 ha para cumplir los requerimientos de la PAC.

Otra modificación realizada ha sido la del parque material utilizado, que se ha adaptado y simplificado para representar más adecuadamente la realidad, en la que se dan superficies agrícolas mucho mayores a las del ensayo. Es evidente que las máquinas utilizadas en el experimento no son del todo representativas respecto a las que existen en las explotaciones reales de la región. Concretamente, en el ensayo se cuenta con un número algo mayor de máquinas y con una capacidad de trabajo inferior a la real. Así por ejemplo, en la finca experimental

del INRA hay numerosos aperos que realizan labores muy parecidas entre sí que es poco razonable encontrar en una explotación real. Con estas dos adaptaciones se pretende simular de manera más real y precisa la gestión del trabajo en una explotación y su rentabilidad económica para cada una de las variantes ensayadas.

La tabla 3 sintetiza los datos relativos a fechas, dosis de siembra y rendimiento real obtenido que definen la simulación de cada sistema en cada parcela. Como puede apreciarse, en algunas parcelas coincide varias veces la misma especie pero con itinerarios técnicos diferentes. Lógicamente, las cosechas obtenidas han estado sometidas a diferentes condiciones climáticas.

Organización de trabajo en la explotación

El simulador contempla que una única persona (1 UTH) trabaja la explotación e hipotéticamente puede trabajar durante 10 horas al día y 6 días por semana (85,7 horas cada 10 días). La contabilización de las cargas de trabajo se realizó en periodos de 10 días, habiendo, por tanto, tres periodos por mes.² Los datos de entrada específicos utilizados en la simulación son los siguientes:

– *Fechas de realización de las labores:* coinciden con las del experimento de campo, con una flexibilidad para realizar cada labor sobre la fecha teórica de 10 días. En el caso de que las labores programadas sobrepasaran la disponibilidad neta de trabajo, se estudió caso por caso si esa flexibilidad teóricamente podía ser mayor y en caso afirmativo se corrigió.

– *Capacidad de trabajo de cada máquina (h/h):* se utilizaron los datos disponibles de

2. El programa permite configurar la simulación para periodos mensuales, pero es menos preciso que para periodos más cortos.

Tabla 3: Alternativa simulada para cada parcela
 Table 3. Rotation simulated for every plot

Sistema	Parcela	20 ha	20 ha	20 ha	20 ha	20 ha	20 ha	13 ha
S1	A7	Trigo	Colza	Trigo	Cebada	Colza	Trigo	Barbecho
	Fecha siembra	03/10	28/08	03/10	13/10	03/09	05/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	104	2,59	104	116	2.85	167	-
	Rendimiento (t/ha)	8,72	4,01	7,06	9,92	3,74	8,99	-
	D1	Trigo	Cebada	Colza	Trigo	Cebada	Colza	Barbecho
	Fecha siembra	04/10	15/10	02/09	09/10	13/10	26/08	-
	Dosis siembra (kg/ha)	96	118	2,26	95	106	2.80	-
	Rendimiento (t/ha)	8,87	8,25	2,78	8,04	6,71	3,27	-
S2	A8	Trigo	Soja	Trigo	Colza	Trigo	Cebada P	Barbecho
	Fecha siembra	25/10	07/05	29/10	06/08	09/11	16/03	-
	Dosis siembra (kg/ha)	175	112	175	2,79	157	181	-
	Rendimiento (t/ha)	7,39	2,89	6,95	4,83	8,05	4,94	-
	D2	Trigo	Cebada	Soja	Trigo	Colza	Triticale	Barbecho
	Fecha siembra	25/10	15/10	06/05	28/10	11/10	27/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	176	135	120	176	4.19	170	-
	Rendimiento (t/ha)	6,31	8,34	1,92	6,56	3,13	6,09	-
S3	A6	Soja	Trigo	Mostaza	Trigo	Colza	Triticale	Barbecho
	Fecha siembra	09/05	06/11	12/03	27/10	2/09	28/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	120	197	2,11	197	2.7	170	-
	Rendimiento (t/ha)	3,33	6,9	0,58	7,97	2,66	6,2	-
	D3	Trigo	Colza	Trigo	Soja	Cebada P	Avena P	Barbecho
	Fecha siembra	25/10	22/8	29/10	05/05	15/03	17/03	-
	Dosis siembra (kg/ha)	212	4.1	212	120	190	135	-
	Rendimiento (t/ha)	6,22	3,95	4,47	1,99	5,7	3,18	-
S4	A5	Trigo	Cebada P	Colza	Trigo	Remolacha	Triticale	Barbecho
	Fecha siembra	25/10	06/03	07/08	28/10	17/03	25/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	175	183	2.67	176	114000*	175	-
	Rendimiento (t/ha)	6,52	3,94	1,69	7,42	74,1	6,3	-
	D5	Trigo	Colza	Trigo	Remolacha	Cebada P	Haba	Barbecho
	Fecha siembra	27/10	10/08	30/10	25/03	15/03	28/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	176	2,4	176	121000*	190	190	-
	Rendimiento (t/ha)	6,95	3,76	6,66	70	4,74	2,74	-
S5	A1	Cebada	Colza	Trigo	Cebada	Haba P	Triticale	Barbecho
	Fecha siembra	9/10	08/08	29/10	13/10	04/03	25/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	163	3,3	176	135	271	175	-
	Rendimiento (t/ha)	8,8	4,52	8,3	9,02	4,08	6,71	-
	D4	Trigo	Cebada	Colza	Trigo	Girasol	Triticale	Barbecho
	Fecha siembra	26/10	15/10	02/09	28/10	12/04	27/10	-
	Dosis siembra (kg/ha)	176	135	4,08	176	4,32	170	-
	Rendimiento (t/ha)	7,06	8,21	1,33	6,76	2,47	6,41	-

Nota: En el cultivo de remolacha la dosis es en semillas/ha.

la CUMA de Borgoña (2007) y el Barème d'entraide (2006).

– *Disponibilidad bruta de horas de trabajo*: 10 horas al día y 6 días por semana, todo el año.

– *Porcentaje de días agrónomicamente practicables*: los días agrónomicamente practicables (JAP) son aquellos en que el clima y el estado hídrico del suelo son propicios para una intervención determinada en el terreno en condiciones satisfactorias. En consecuencia, dependen de las condiciones meteorológicas, del tipo de suelo, del tipo de operación cultural y del tipo de apero a utilizar (Anónimo, 1998). Estos datos son utilizados por el programa para estimar la disponibilidad neta de horas de trabajo en cada periodo de diez días a partir de la mano de obra disponible y la operación u operaciones que se pretenden realizar en ese periodo. Los datos utilizados en este caso corresponden a los JAP de la cámara agraria de la Borgoña para los periodos de 10 días. Esta información sobre los JAP se obtiene a partir de datos históricos de clima, de modelos de humedad del suelo, y de la experiencia de técnicos sobre el terreno. En nuestro caso utilizamos los datos meteorológicos de Dijon para un suelo arcilloso drenado como el del ensayo y fueron calculados por la Chambre d'Agriculture de la Borgoña (M. S. Petit, comunicación personal).

El programa permite simular también dos probabilidades diferentes de no realizar la operación: JAP 1 año cada 2 (probabilidad de no realizar la totalidad de las operaciones programadas de un 50%) y JAP 4 años cada 5 (probabilidad de no realizar la totalidad de las operaciones programadas de un 20%).

Cálculo económico

En el caso del análisis económico el programa "Equip'Agro" realiza dos pasos intermedios: primero calcula el margen bruto por

hectárea y después calcula el margen semineto, desglosando los costes fijos y variables. Para el cálculo de estas variables es necesario introducir en el simulador información pormenorizada sobre precios y costes, que detallamos a continuación, así como las fuentes de datos utilizadas en cada caso.

– *Cálculo del margen bruto (€/ha)*: es la diferencia entre los ingresos (valor de la cosecha y primas PAC) y el coste de los inputs: abonos, semillas, fitosanitarios, agua, seguro de pedrisco y recolección en el caso de la remolacha (sistema S4). El valor de la cosecha se obtuvo a partir de la producción real obtenida en los ensayos (Tabla 3) y el precio del producto fue el del mercado en la fecha de la recolección en 2006.

El coste de los inputs se calculó en base a la dosis utilizada de cada uno de ellos y a su precio en el mercado en el momento de cosecha (año 2006).

El precio de la semilla utilizado es una media ponderada entre precio de semilla procedente de la explotación (en un 80%) y semilla certificada (en un 20%), salvo para la remolacha que se utilizó el precio semilla certificada en un 100%, práctica habitual de los agricultores de la zona.

– *Cálculo del margen semineto (€/ha)*: es la diferencia entre el margen bruto y el coste de los distintos tractores y aperos que intervienen en las operaciones. Estos costes se desglosan en:

- *Costes fijos*: amortización de máquinas (lineal, al 4% de interés) y seguros cuya cuantía varía en función del valor de compra, utilización anual y vida útil de cada máquina (datos disponibles en la CUMA de Borgoña, 2007 y el Barème d'entraide, 2006).
- *Costes variables*: gasoil, lubricantes, neumáticos y reparaciones (CUMA de Borgoña, 2007 y Barème d'entraide, 2006).

Por último, y en una fase posterior hicimos el cálculo del margen neto por hectárea, que es la diferencia entre el margen semi-neto obtenido en el simulador y otros costes (ROSACE, 2005), entre los que se encuentran los siguientes:

- Arriendo de la tierra: 86,4 €/ha.
- Amortización de edificios: 6,9 €/ha.
- Otros: luz, agua, teléfono y costes de gestión: 83,4 €/ha.
- MSA: mutualidad seguro agrario (33,51% sobre el margen neto).

El parque material utilizado para la simulación se muestra con detalle en la tabla 4. La Tabla incluye información sobre las características más importantes de las máquinas, su capacidad de trabajo y el sistema de cultivo en que han sido utilizadas. La superficie cultivada se considera en régimen de arrendamiento. Toda la maquinaria se considera propiedad del agricultor al 100%, salvo en el caso de la cosechadora que es al 50%. Para la recolección de la remolacha se ha considerado que se contrata la operación con un coste de 150 €/ha.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados más relevantes del estudio referidos únicamente a los aspectos organizativos y económicos. Con respecto a los resultados agronómicos y ambientales del ensayo remitimos al lector al trabajo de Chikowo et al. (2007).

Tiempo y organización de trabajo

La tabla 5 muestra el desglose de tiempos anuales de trabajo por parcela (133 ha) y tipo de operación obtenidos en la simulación. También se indican las disponibilida-

des netas de horas de trabajo y tiempo en que se sobrepasan las disponibilidades netas (horas). Para facilitar el análisis se discuten por separado los resultados de los sistemas simulados y posteriormente se comparan los sistemas entre sí.

Sistema S1: Agricultura convencional

Para el sistema de referencia, el tiempo de trabajo total estimado por el simulador es de 647 y 711 horas para las parcelas del bloque A y del bloque D respectivamente, lo que supone un tiempo de trabajo de 4,9 h/ha y 5,3 h/ha para cada una de las parcelas. Las mayores cargas de trabajo se producen desde el principio de julio hasta mediados de octubre. Ello se explica porque en julio se realiza la cosecha y se da una labor de chisel. Además están programados una labor de vertedera a principios de agosto y pases de cultivador a final de septiembre para ir preparando el lecho de siembra (fin de agosto-principio de septiembre para la colza y principio de octubre para el trigo).

La labor de vertedera consume buena parte del tiempo de trabajo (120 horas), que en media supone 1h/ha, ya que está programada todos los años. En el sistema convencional esta labor supone un consumo de tiempo doble que en S3, S4 y S5 (sólo se da en años alternos), mientras que en S2 no está programada. La operación de siembra en este caso también es costosa en términos de tiempo, ya que la sembradora utilizada en la simulación dispone de un cultivador, que evita una labor de refinado posterior pero a cambio hace que la capacidad de trabajo sea pequeña (0,8 ha/h).

Es precisamente en esta época de siembra cuando se produce el pico de trabajo, y se sobrepasa la disponibilidad neta estimada un año de cada cinco en un total de 32 y 27 horas respectivamente en las dos parcelas del sistema convencional.

Tabla 4: Parque material utilizado en la simulación para cada sistema de cultivo
 Table 4. Machinery used in the simulation for each cultivation system

Tipo	Características	Capacidad de trabajo	Valor de compra €	Sistema						
				1	2	3	4	5		
Tractores										
6300 John Deere	4 x 4 100 CV		38.000	X	X	X	X	X	X	X
6900 John Deere	4 x 4 130 CV		51.000	X	X	X	X	X	X	X
Cosechadoras										
MB TC56 New Holland	250 CV 5,5 m + picador	2,5 ha/h	140.000	X	X	X	X	X	X	X
Remolques										
Remolque	18 t	1 V/h	25.000	X	X	X	X	X	X	X
Aperos laboreo										
Vertedera	5 surcos	1 ha/h	12.000	X						
Vibrocultivador reja estrecha	4,5 m	3 ha/h	8.000		X	X	X	X	X	X
Rulo estriado	6 m	2 ha/h	6.000	X	X	X	X	X	X	X
Grada rotativa	4 m	1,5 ha/h	9.000	X	X	X	X	X	X	X
Grada de discos	32 discos	2 ha/h	10.000	X	X	X	X	X	X	X
Chisel	3 m, 7 rejas	2 ha/h	7.000	X	X	X	X	X	X	X
Vibrocultivador reja cola golondrina	6 m	3,5 ha/h	6.500		X	X	X	X	X	X
Grada de varillas flexibles	12 m	10 ha/h	8.000							
Desherbobinadora	3 m (binado + trat. fila)	1,5 ha/h	10.000							
Binadora	3 m	1,5 ha/h	10.000							
Descostradora	6 m	6 ha/h	20.000							
Pulverizadores, distribuidores										
Abonadora	1.500 - 1.800 L	6 ha/h	5.000	X	X	X	X	X	X	X
Pulverizador arrastrado	2.500 L 24 m	6,5 ha/h	35.000	X	X	X	X	X	X	X
Sembradoras										
Sembradora de cereales	4 m	1,5 ha/h	7.000							
Sembradora + grada	3 m	0,8 ha/h	7.000		X					
Sembradora discos	3 m siembra directa	2 ha/h	50.000				X			
Sembradora monograno	3 m 8 filas	1,2 ha/h	18.000					X		
Sembradora monograno + tratamiento en la fila	3 m 8 filas	1 ha/h	18.000						X	
Picadoras										
Picador	3,2 m	1,5 ha/h	6.000	X	X	X	X	X	X	X
Otros										
Cañón de riego	Riego	10 ha/h	18.000						X	X

Tabla 5. Desglose tiempos de trabajo según parcela y tipo de operación. Disponibilidad neta y tiempo en que se sobrepasa la disponibilidad neta (horas)

Table 5. Working time for each plot and type of operation. Net time availability and excess over net availability (in hours)

Parcela	Labor de vertedera	Trabajo superficial	Desherbado mecánico	Desherbado binado	Total suelo	Tratamientos herbicidas	Otros fitosanitarios	Total Fito	Disponible neto	Disponible sobre disponible neto		
S1	A7	120 (1,0)	103 (1,5)	0	0	223	43 (2,2)	75 (3,0)	118	647	1540	32
	D1	120 (1,0)	170 (2,0)	0	0	290	37 (2,0)	69 (2,8)	106	711	1433	27
S2	A8	0	142 (3,0)	0	0	142	25 (1,2)	40 (2,0)	65	415	1155	0
	D2	0	156 (3,6)	0	0	156	25 (1,2)	28 (1,5)	53	397	1621	4
S3	A6	60 (0,5)	166 (3,2)	0	0	226	30 (1,6)	37 (2,0)	67	563	1473	45
	D3	60 (0,5)	157 (3,0)	0	0	217	19 (1,0)	26 (1,7)	45	510	1686	4
S4	A5	40 (0,3)	218 (3,6)	63 (2,5)	11 (0,2)	332	52 (1,0)	38 (2,0)	101*	6502	1338	47
	D5	60 (0,5)	250 (4,0)	57 (3,0)	22 (0,3)	389	52 (0,8)	32 (1,8)	106*	7092	1286	61
S5	A1	80 (0,7)	212 (3,8)	50 (2,2)	0	342	0	35 (2,1)	35	612	1338	8
	D4	60 (0,5)	200 (3,6)	89 (2,8)	0	349	0	22 (1,3)	22	591	1215	7

* incluido desherbinado.

(1) Se incluye además el tiempo de otras labores: Siembra, cosecha, abonado, picado cubiertas vegetales y riego.

(2) Sin incluir el tiempo de la cosecha de la remolacha.

Entre paréntesis el número medio de labores de cada tipo efectuadas en cada parcela.

Estos resultados ilustran acertadamente la realidad de las explotaciones que tienen 100% cultivos de invierno, y que tienen concentración de trabajo en periodos limitados del año. No obstante, hay que decir que como la fecha de siembra programada es relativamente temprana, habrá casos en que será posible realizar la siembra en un momento posterior al simulado, lo cual mitigará los problemas en los años más desfavorables.

Sistema S2: Sistema integrado con técnicas culturales.

El sistema de protección integrada de técnicas culturales simplificadas, sin labor profunda de vertedera presenta unos requerimientos totales de tiempo de trabajo de 415 y 397 horas para cada una de sus dos parcelas (3,1 y 3,0 h/ha, respectivamente). Es el sistema que menos tiempo precisa para completar las operaciones previstas. Los trabajos están mejor repartidos a lo largo del año que en el sistema convencional debido fundamentalmente a la inclusión de cultivos de primavera, de tal manera que no existen problemas de disponibilidad de horas y, por tanto, la organización de trabajo es sencilla. Sólo se identificó un déficit de 4 horas en la parcela del bloque D durante el mes de febrero, debida a un tratamiento molusquicida, que no es una labor fundamental y además no es necesaria todos los años.

Como es obvio, el ahorro de tiempo en este sistema se produce fundamentalmente por la ausencia de una labor profunda de vertedera. A cambio, se requiere un mayor número de horas para las labores superficiales, ya que son imprescindibles un número mayor de pasadas de diferentes gradas y cultivadores para llevar a cabo las falsas siembras necesarias (véase la tabla 4). Por otra parte, para efectuar la labor superficial no se utiliza la grada rotativa, que ralentiza considerablemente la labor, por lo que el

tiempo consumido en labores superficiales resulta menor que en otros sistemas integrados en los que sí se utiliza esta grada.

Al igual que en el resto de los sistemas integrados, en este sistema S2 el tiempo necesario para la aplicación de fitosanitarios distintos de los herbicidas (fungicidas, insecticidas, molusquicida y reguladores del crecimiento) es también menor que en el sistema convencional, ya que los cultivos utilizados en este último (trigo, cebada y colza) permanecen muchos meses en el campo y por tanto corren mayor riesgo de ser afectados por plagas y enfermedades. Por el contrario, en este sistema las técnicas usadas para controlar las malas hierbas, como son el retraso de la fecha de siembra y la utilización de más especies en la rotación, tienen también un efecto positivo sobre la presencia de plagas y enfermedades, que finalmente se acaban reflejando en un ahorro de tiempo dedicado a la aplicación de fitosanitarios. Asimismo, en los sistemas integrados hay cultivos y variedades con una menor dependencia de los insecticidas y fungicidas, como es el caso del girasol, la avena o el triticale. Finalmente, el hecho de que se aporten menos fertilizantes a los cultivos tiene, como regla general, una incidencia positiva a la hora de prevenir problemas de infestación de malas hierbas.

Sistema S3: Sistema integrado sin desherbado mecánico.

Con el sistema de producción integrado S3 el tiempo de trabajo total empleado fue de 563 y 510 horas en el bloque A y D respectivamente, que supone un tiempo de trabajo de 4,2 y 3,8 h/ha. Es un tiempo de trabajo inferior al sistema de referencia y ello se debe a que sólo se aplica labor profunda de vertedera una vez cada dos años y se utilizan menos productos fitosanitarios. Por el contrario, el tiempo dedicado a labores superficiales (sobre todo falsas siembras) es mayor.

Las dos explotaciones de este sistema muestran un resultado muy distinto con respecto al consumo y distribución de tiempo de trabajo. En el bloque A se refleja un exceso de trabajo en relación con la disponibilidad neta de 45 horas, mientras que en el bloque D sólo existe un exceso de 4 horas. Los problemas en A se explican en parte por los trabajos de suelo llevados a cabo en febrero –mes en el que existe una baja disponibilidad neta por problemas de humedad de suelo–, pero sobre todo se deben a las labores preparatorias de siembra y a la labor de siembra efectuadas ambas entre finales de octubre y principios de noviembre. En el bloque D se registran menos problemas porque la alternativa contempla sólo dos parcelas de trigo de 20 ha, ya que el cultivo de trigo previsto para principios de noviembre de 2004 fue sustituido por una cebada de primavera debido precisamente a la imposibilidad de realizar la siembra en la fecha prevista.

La realidad es muy coherente con los resultados obtenidos en la simulación, ya que en esta zona, es muy difícil sembrar grandes superficies de cereales después del 25 de octubre. Los problemas de siembra en esta época son muy comunes debido al exceso de humedad en el suelo y normalmente la siembra no puede realizarse más tarde, puesto que las condiciones suelen empeorar aún más.

Sistema S4: Sistema integrado con desherbado mecánico

Para el sistema de producción integrada con desherbado mecánico el tiempo de trabajo total calculado es de 650 y 709 horas al año para las parcelas de los bloques A y D respectivamente (4,9 y 5,3 h/ha). Como puede advertirse es un tiempo de trabajo equivalente al del sistema de referencia S1. En este caso, el ahorro de tiempo obtenido por no realizar labor profunda de vertedera todos los años y por aplicar menos fitosanitarios es compensado por las mayores exigencias

de tiempo para realizar un número mayor de falsas siembras, desherbado mecánico y tratamientos herbicidas, así como desherbinados (bina entre líneas y tratamiento herbicida en la línea del cultivo) en el caso del cultivo de remolacha.

Este sistema genera dificultades de organización de trabajo en 47 y 61 horas respectivamente. Sin embargo, hay que matizar que la mayoría de las operaciones que presentan dificultades pueden ser adelantadas o retrasadas sin consecuencias agronómicas graves. Es el caso por ejemplo del trabajo de suelo y labor de vertedera durante invierno en la parcela del bloque A: la siembra de cereales a fin de octubre y principios de noviembre puede realizarse en buenas condiciones, ya que no hay otras operaciones que realizar en esa época. Por el contrario, el bloque D presenta problemas coincidiendo con las fechas de la siembra por la gran cantidad de tiempo necesaria para preparar el lecho de siembra.

El tiempo dedicado en este sistema al desherbado químico de la remolacha es elevado, ya que es una operación lenta por tratarse de un tratamiento localizado sobre la fila de la remolacha con un pulverizador específico colocado sobre el marco de la binadora con la misma anchura de trabajo que la sembradora (3 metros). El binado es también una operación lenta (1,5 ha/h). Por el contrario, las operaciones de desherbado químico y mecánico, e incluso la operación combinada, se insertan bien en el calendario de trabajo, pues se efectúan en periodos donde la disponibilidad neta de horas es elevada o bien porque la coincidencia con otras labores es baja.

Sistema S5: Sistema integrado sin desherbado químico

Para el sistema de protección integrada sin herbicidas, el tiempo de trabajo total es de

612 y 591 horas en A y D respectivamente, lo que supone una media de 4,6 y 4,4 h/ha. Se trata por tanto de un tiempo de intervención bastante inferior al de referencia S1. En este caso el tiempo de trabajo utilizado en las falsas siembras y en las labores de desherbado mecánico es claramente compensado por la eliminación de labores profundas algunos años y por la ejecución mucho menor de tratamientos fitosanitarios (véase tabla 4). Además, el trabajo queda repartido de forma muy homogénea a lo largo del año, de tal manera que solamente se sobrepasan en 8 y 7 horas las disponibilidades netas en 4 años de cada 5. Los excesos de trabajo se corresponden con trabajos de suelo que pueden ser trasladados a otras épocas sin mayores consecuencias agronómicas.

El tiempo necesario para los desherbados mecánicos es como media de las dos parcelas 70 horas anuales (un poco más de media hora por hectárea), pero se realiza en épocas con climatología favorable. La capacidad de trabajo de la binadora es baja, pero no la de la grada de varillas flexibles y de la descos-tradora (10 y 6 ha/h, respectivamente).

Discusión

Los resultados expuestos hasta aquí indican por tanto unas necesidades de tiempo casi idénticos para los sistemas S1 y S4, y menores para el resto de sistemas integrados considerados, siendo el sistema de técnicas simplificadas (S2) el que requiere un número menor de horas totales. En concreto, los tiempos de trabajo en la explotación se reducen en un 40% en el S2, un 21% en S3 y un 11% en S5.

Este resultado parece contradecir los de otros trabajos, como los de Karlen *et al.* (1995), Brumfield *et al.* (2000), y Delate *et al.* (2003), en los que se afirma que la reducción en el uso de agroquímicos provoca un aumento de los tiempos de trabajo, ya que las labores o estrategias necesarias para

compensar sus efectos son más lentas. Concretamente, en el caso de prescindir totalmente de productos químicos (agricultura ecológica) los incrementos registrados tienen una gran variabilidad y van desde el 7% hasta el 75%. Otros trabajos cuantifican un aumento medio de las necesidades del 15% (Sorby 2002, Granatstein 2003). Esta divergencia puede explicarse, al menos en parte, no sólo por las diferencias en las características agronómicas y de diseño de los experimentos en distintos trabajos, sino también porque en el presente estudio no hemos considerado una supresión total de agroquímicos. Tal supresión aumentaría sin duda los tiempos requeridos para labores sustitutivas adicionales. A este respecto, puede observarse que nuestro sistema S5, en el que no se aplica ningún herbicida, sería el sistema más cercano a la supresión total de agroquímicos y, si bien no se ha simulado, parece bastante factible que las labores adicionales incrementarían el total por encima del sistema de referencia.

Desde el punto de vista de organización de trabajo el sistema más interesante dentro de los integrados resulta ser el S2, ya que es el que menos tiempo de trabajo necesita para completar el conjunto de las labores programadas y las labores fundamentales se pueden realizar sin problemas en las fechas previstas. El siguiente sistema más interesante es el S5, que aunque sólo reduce un 10% los tiempos de trabajo tampoco presenta excesivos problemas a la hora de realizar las operaciones previstas. Los sistemas S3 y S4 presentan problemas para completar la siembra al final del otoño y además el sistema S4 necesita tanto tiempo como el sistema convencional para completar todas las labores previstas.

Por consiguiente, puede decirse que las técnicas alternativas de manejo de la flora arvense utilizadas en producción integrada, como son la realización de falsas siembras y los retrasos en la fecha de siembra para

esquivar la emergencia de arvenses en cereales de invierno, pueden implicar problemas de organización en el momento de la siembra en explotaciones de tamaño y parque de maquinaria medio, como las del ensayo. En fechas tan retrasadas aumenta la probabilidad de que los suelos estén demasiado húmedos para realizar las labores. Por el contrario, las labores de control mecánico una vez implantado el cultivo, también de uso frecuente en producción integrada, se pueden llevar a cabo sin problemas derivados de la climatología, ni por coincidencia con otras operaciones en la explotación.

Variables económicas

En este apartado se comparan y discuten los resultados obtenidos en los distintos sistemas con respecto a las variables económicas más relevantes. En primer lugar se analizan las diferentes partidas de costes y posteriormente se analizan los ingresos y el margen neto final de la explotación.

Costes

Con el fin de analizar adecuadamente la importancia de las distintas partidas en el

coste total de la explotación y de evaluar correctamente el origen de las diferencias entre los distintos sistemas de producción, se presentan en un cuadro por separado los resultados de costes en fitosanitarios distinguiendo los diversos productos.

Tal y como muestra la tabla 6, los costes en herbicidas son menores en los sistemas integrados que en el sistema de referencia S1. La reducción en los sistemas S2 y S3, en los que no se aplica desherbado mecánico, se debe a que se efectúan otras técnicas culturales como la falsa siembra, el retraso en la fecha de siembra, la utilización de cubiertas vegetales y la rotación que incluye cultivos de primavera, y ello permite una reducción en el uso de herbicidas sin que la flora arvense cause problemas. Lógicamente, la disminución en el coste de herbicidas es aún mayor cuando se utiliza el desherbado mecánico S4 hasta que el coste se hace nulo en S5, ya que no se utilizan herbicidas.

Por lo que respecta a otros fitosanitarios, algunas de las técnicas que ayudan al control de las malas hierbas, como el retraso en la fecha de siembra y la rotación diversificada, inciden también positivamente en el control de plagas y enfermedades, como

Tabla 6: Coste total de los fitosanitarios aplicados en los ensayos (€/ha)
Table 6: Total cost of agrochemicals applied in trials (€/ha)

	Parcela	Herbicidas	Fungicidas	Insecticidas	Reguladores	Molusquicidas	Total	Media
S1	A7	95,2	49,8	18,7	10,3	12,2	186,1	181,5
	D1	72,3	47,1	10,2	4,1	43,3	177,0	
S2	A8	49,4	29,2	8,8	1,4	2,8	91,6	81,5
	D2	50,2	12,4	3,2	4,0	1,6	71,4	
S3	A6	48,8	6,1	18,1	0,0	12,0	85,1	75,1
	D3	38,5	9,7	2,3	3,1	11,4	65,1	
S4	A5	19,3	19,3	5,2	0,9	4,4	49,0	56,8
	D5	16,9	26,8	12,3	1,1	7,5	64,6	
S5	A1	0,0	23,1	7,1	4,4	8,4	42,9	42,9
	D4	0,0	12,4	4,0	3,2	2,4	22,0	

también ha observado Leake (2000). En consecuencia todos los sistemas integrados reducen los costes globales de los fitosanitarios de S2 a S5. Concretamente, el descenso en el uso de insecticidas se produce, sobre todo, en aquellas alternativas integradas en que la presencia de colza es menor, ya que se trata de un cultivo muy exigente en el uso de éstos.

La tabla 7 contiene los resultados que se refieren a los costes de mecanización y de los productos utilizados en los distintos sistemas simulados. La razón que explica el ahorro en costes de fertilizantes en los sistemas integrados es que las variedades cultivadas son menos productivas, y por tanto requieren un consumo menor de abonos. Además, hay especies más variadas en la rotación que precisan menos dosis de fertilización (como es el caso de la cebada de primavera y el girasol) y también se incluyen leguminosas como la soja y el haba que no necesitan abonos nitrogenados e incluso dejan una reserva de nitrógeno en el suelo disponible para los sucesivos cultivos. La única excepción se encuentra en el S4, que incluye el cultivo de remolacha, un cultivo muy productivo y exigente en todos los agroquímicos en general.

En cuanto a los costes en semillas, el sistema de referencia S1 presenta una ventaja clara con respecto a los sistemas integrados, ya que las semillas de trigo, cebada y colza son más baratas que cualquier otra especie de las utilizadas en los sistemas integrados. Además, las dosis de siembra de estos tres cultivos en producción integrada son más elevadas que en el sistema convencional. En el caso del sistema S4, el coste superior por este concepto se debe a los altos precios de la semilla de la remolacha.

Los costes de mecanización son mayores en todos los sistemas integrados. Tal como muestra la tabla 7, los sistemas más costosos en maquinaria son los sistemas S4 y S5,

mientras que el sistema S2 tiene costes más próximos al de referencia. Ello es consecuencia de los mayores costes fijos que deben afrontarse en la producción integrada, puesto que es necesario disponer de un mayor número de aperos, sobre todo cultivadores más polivalentes, escardadoras y binadoras, principalmente en el caso de los sistemas S4 y S5. En cambio, los costes variables son similares en todos los sistemas excepto en el S2, que es el que menos tiempo en labores consume y, por tanto, tiene unos menores costes de gasoil, lubricantes y reparaciones. El sistema S4 presenta los costes variables más elevados, de nuevo como consecuencia del cultivo de la remolacha.

Los datos analizados hasta aquí confirman los resultados de Pimentel *et al.* (2005), que verificaron un incremento del 30% en los costes de la maquinaria y un 25% en coste en semilla en sistemas innovadores sin aplicación de agroquímicos (sistemas ecológicos) con relación a un sistema convencional. En nuestro caso se observa la misma tendencia al reducir la aplicación de agroquímicos, con un aumento de los costes de mecanización que oscila entre el 4% (en S2) y el 24% (en S4). El coste de las semillas aumenta entre un 43% (en S5) y un 132% (en S4) con respecto al sistema de referencia.

La columna de costes totales finales muestra valores similares en todos los sistemas integrados salvo en el caso especial del sistema S4. Los costes del sistema de referencia S1 son ligeramente superiores (en un 15% como media) pues aunque los gastos en maquinaria son menores, no compensan el mayor desembolso en fitosanitarios. Entre los sistemas integrados, S2 y S5 son los que presentan menores costes, en el primer caso debido a los bajos costes variables de mecanización (consumo de carburante y lubricante) y en el segundo caso debido al menor gasto en productos fitosanitarios. El sistema S4 es el más costoso, por efecto del

Tabla 7. Costes de mecanización y de los productos utilizados en los sistemas (€/ha)
 Table 7. Costs of mechanization and costs of inputs (€/ha)

Parcela	Costes de mecanización				Costes de los factores productivos				Total costes	Coste total medio	
	Fijo	Variable	Total	PAC	Fertilizantes	Semillas	Fitosanitarios	Otros*			
S1	A7	175,2	65,9	241,2	68,6	35,7	186,1	-	290,4	531,6	524,35
	D1	169,7	71,1	240,8	66,6	32,6	177,0	-	276,3	517,1	517,1
S2	A8	201,8	48,5	250,2	58,6	54,9	91,6	-	205,1	455,3	449,15
	D2	203,9	48,0	251,9	63,5	49,4	71,4	6,8	191,1	443,0	443,0
S3	A6	208,5	63,5	272,0	55,9	60,4	85,1	23,5	224,9	496,9	471,4
	D3	208,8	57,2	266,0	52,2	61,7	65,1	0,9	179,9	445,9	445,9
S4	A5	225,4	70,5	295,8	77,7	78,6	49,0	72,2	277,6	573,4	564,5
	D5	230,0	73,9	303,9	55,9	80,5	64,6	50,8	251,7	555,6	555,6
S5	A1	230,1	66,8	296,9	66,9	54,7	42,9	11,7	178,1	475,0	442,25
	D4	217,6	63,5	281,1	61,9	43,1	22,0	-	128,3	409,5	409,5

*Otros costes: coste del riego, y en el sistema S4, coste del agua y recolección de la remolacha.

Tabla 8. Margen económico y ratios de rentabilidad horaria de los diferentes sistemas
 Table 8. Economic margin and labor profitability ratio of different systems

Parcela	Ingresos (€/ha)		PAC	Costes (€/ha)			Margen neto(€/ha)	Media (€/ha)	€/hora trabajada	€/hora Media
	Valor cosecha	Mecanización		Productos	Otros*	Productos				
S1	A7	920,6	330	241,2	290,4	322	397	362	82	71,5
	D1	815,9	330	240,8	276,3	302	327	304	61	61
S2	A8	776,7	330	250,2	205,1	306	345	304	111	99,5
	D2	654,8	330	251,9	191,1	279	263	193	88	88
S3	A6	597,9	330	272,0	224,9	253	178	193	42	48
	D3	584,6	330	266,0	179,9	260	208	344 (253)	54	54
S4	A5	849,9 (592)	355	295,8 (255)	277,6(158)	300 (276)	331(258)	344 (253)	68(61)	67,5 (57)
	D5	866,3 (635)	355	303,9 (298)	251,7(172)	308 (273)	357(248)	318	67(53)	70
S5	A1	820,5	330	296,9	178,1	312	364	318	79	70
	D4	631,2	330	281,1	128,3	279	273	61	61	61

*Otros: Arriendo de la tierra, seguro de pedrisco, amortización de edificios, luz, agua teléfono y costes de gestión. MSA. En S4, las cifras entre paréntesis indican los resultados sin tener en cuenta el cultivo de remolacha.

cultivo de la remolacha, que eleva tanto los costes de maquinaria como los del resto de factores productivos.

En general se observa una tendencia a que los costes en maquinaria aumenten a medida que los costes en el resto de factores disminuyen, lo cual indica que existe cierto grado de sustitución entre el uso de maquinaria y el consumo de otros factores. Este resultado concuerda con los reflejados en el trabajo de Delate *et al.* (2003), en el que se compara una rotación convencional (maíz-soja) con rotaciones ecológicas (maíz-soja-avena y maíz-soja-avena-alfalfa) en las que no se aplican agroquímicos.

Ingresos y margen neto

Los resultados sobre los ingresos y márgenes económicos de los distintos sistemas se muestran en la tabla 8. El nivel de ingresos más elevado por la venta de la cosecha se obtiene en el sistema de referencia S1, debido a las mayores cosechas obtenidas. Estas cifras de cosecha se deben lógicamente al uso superior de abonos y fitosanitarios en este sistema. Trigo, cebada y colza son los cultivos extensivos que proporcionan más ingresos en la zona del estudio.

En el sistema S4 los ingresos son también elevados debido a la remolacha, que es un cultivo muy rentable y extendido en la zona. Los menores ingresos se registran en el sistema S3 (un 46% menos que en S1). La razón es que se lleva a cabo una rotación muy variada y algunos cultivos primaverales como la mostaza, soja y avena de primavera han tenido escasos rendimientos, y por tanto ingresos muy bajos. Por regla general, aquellos sistemas en que se han repetido más veces los cultivos del sistema de referencia (trigo, cebada y colza) son los que mayores ingresos obtienen, mientras que los sistemas que utilizan cultivos primaverales obtienen menos ingresos, pues, en gene-

ral, un cultivo de primavera es menos productivo que uno otoñal, y los precios de venta mayores de esos cultivos (soja, mostaza, girasol) no llegan a compensar las menores cosechas. Por otra parte, y como es bien sabido, una mejor gestión de las arvenses en sistemas integrados con aplicación limitada de productos químicos, requiere rotaciones en las que se incluyan cultivos de ciclo invernal y primaveral, aunque ello suponga mermar el rendimiento económico en alguna campaña.

Con respecto al resultado económico medido en margen neto por hectárea, el sistema de producción convencional es el más rentable. Dentro de los sistemas integrados, los sistemas S2 (técnicas culturales simplificadas) y S5 (sin herbicidas) son los más favorables desde el punto de vista económico, pues obtienen producciones relativamente altas mientras que sus costes son bajos, bien por el ahorro en costes de maquinaria (S2), bien por ahorro en consumo de fitosanitarios (S5). En magnitudes medias, el sistema S5 es el sistema integrado que obtiene mejores cifras económicas (318€/ha), por encima de S2 (304 €/ha).

Caso especial es el sistema S4, que presenta un margen por hectárea elevado como consecuencia del elevado rendimiento de la remolacha, si bien los costes de mecanización influyen de forma importante en el margen final. En ausencia de este cultivo especialmente rentable, el sistema S4 resulta una de las peores opciones, junto con el sistema S3, debido a que incluyen cultivos primaverales con muy bajo rendimiento (avena, soja o mostaza) pero necesarios en la rotación para gestionar las arvenses, si se quieren reducir los aportes de herbicidas.

Discusión

En esencia, es el valor de la cosecha el que determina el margen neto por superficie en

los distintos sistemas estudiados. Los resultados muestran que como media los sistemas integrados (de S2 a S5) tienen un margen neto entre un 5 y un 46 por ciento menor al sistema convencional S1 (entre 18 y 169 €/ha menos). Como media los sistemas integrados tienen un margen neto 72 €/ha menor que el sistema convencional, que podría llegar a 100 €/ha en el caso de no contemplar el cultivo de remolacha.

Sin embargo, esta conclusión debe matizarse si analizamos en detalle la rentabilidad de cada hora trabajada en cada sistema. Así, la ratio margen neto total por cada hora trabajada resulta más ventajosa en el caso del sistema integrado S2 en relación con el sistema de referencia, y también el sistema sin herbicidas S5 tiene una ratio muy semejante. Los sistemas S3 y S4 presentan una rentabilidad horaria menor.

Los resultados mostrados hasta aquí sugieren la necesidad de una evaluación de las posibles alternativas desde un punto de vista que considere no sólo la rentabilidad por superficie, sino también la rentabilidad temporal de la actividad y una mejor organización y reparto del trabajo en la explotación durante la campaña. Bajo esta perspectiva, algunos sistemas integrados pueden representar una alternativa interesante a la agricultura convencional. Así, por ejemplo, el sistema integrado basado en técnicas culturales simplificadas (S2) y el sistema de abandono de herbicidas (S5) pueden considerarse como buenas opciones, pues su rentabilidad económica por hora trabajada es mejor o similar a la producción convencio-

nal y tienen otras ventajas como la reducción o eliminación de herbicidas. El sistema S2 además, exige una presencia menor en el campo y no presenta ningún problema de acumulación de labores, lo cual puede representar una cualidad positiva en situaciones de escasez de mano de obra, circunstancia ciertamente limitante en muchas regiones.

Algunos otros trabajos en los que se comparan sistemas convencionales e integrados, como el de Leake (2000) y Pimentel *et al.* (2005) señalan unos resultados económicos similares para ambos sistemas, pues los menores valores obtenidos por las cosechas en producción integrada, son compensados por el ahorro en productos abonos y fitosanitarios.³ Por el contrario, Pardo *et al.* (2004) obtienen resultados económicos mejores eliminando abonos y herbicidas en ensayos con rotaciones de cereales, veza y barbecho, si bien el ensayo se localizó en una zona de clima semiárido. En tales casos el aporte de abonos y herbicidas generalmente no tiene un efecto positivo en la producción debido a la falta de agua y, por tanto, el ahorro en costes sí tiene una repercusión importante en el margen económico final. Por su parte, Delate *et al.* (2003) indican un beneficio un 25% mayor en las rotaciones ecológicas frente a las convencionales, lo cual se explica por haber obtenido cosechas similares en ambos sistemas.⁴ En todo caso, hay que tener en cuenta que en ninguno de estos trabajos se analizan las cuestiones organizativas ni la rentabilidad temporal de los dis-

3. En el estudio de Pimentel *et al.* (2005) se comparan concretamente rotaciones convencionales y ecológicas de cereales y leguminosas.

4. Las rotaciones ensayadas fueron maíz-soja en el sistema convencional y maíz-soja-avena y maíz-soja-avena-alfalfa en sistemas ecológicos sin agroquímicos.

tintos sistemas, por lo que las conclusiones podrían variar si se consideraran.

Por supuesto, los resultados de los sistemas serían más ventajosos si los cultivos integrados pudieran comercializarse con un sello distintivo para abastecer una demanda cada vez más sensible a las cuestiones ambientales, tal como sucede ya en el caso de otros productos denominados "ecológicos", cuyos precios de mercado son más elevados que los convencionales. Nuestros resultados indican que el precio de venta de los productos de agricultura integrada debería ser un 15% superior como media para que los márgenes netos fueran similares a los de la agricultura convencional. En esa misma línea, el trabajo de Welsh (1999) calcula que los precios de los productos ecológicos deben ser alrededor de un 35% más elevados para igualar los resultados de las rotaciones convencionales.

Conclusión

A modo de conclusión puede decirse que los sistemas de control integrado incrementan los costes de maquinaria, disminuyen los costes asociados a la aplicación de pesticidas, disminuyen el margen neto por hectárea de la explotación al obtener peor cosecha pero pueden aumentar el margen neto por hora trabajada en comparación con el sistema convencional. Por tanto, la decisión sobre la implantación de sistemas integrados de producción debe considerar los aspectos agronómicos, ambientales económicos y organizativos de forma conjunta. A este respecto, la creciente demanda de productos agrarios de calidad, obtenidos mediante técnicas respetuosas con el medio ambiente, abre la posibilidad de comercializarlos con precios de mercado más elevados, lo que puede fortalecer aún más la apuesta por estos sistemas en algunas regiones.

Bibliografía

- Anónimo, 1998. Référentiel des jours agronomiquement praticables. Côte d'Or. Etude réalisée à partir des résultats de l'Opération Secteur de Référence Drainage (Décembre 1995), Chambre Régionale de l'Agriculture de Bourgogne, Chambre d'Agriculture de Saône et Loire.
- Barème d'entraide-Est, 2006. Les références des fédérations de CUMA de Bourgogne, Franche-Comté, Lorraine et Alsace.
- Brumfield RG, Rimal A, Reiners S, 2000. Comparative cost analyses of conventional, integrated crop management, and organic methods. *Hort Technology* 10: 785-793.
- Chikowo R, Faloya V, Munier-Jolain NM, 2007. The performance of Integrated Weed Management for containing weeds at the cropping system level in field crops. En revisión.
- Cuma, 2007. Guide des prix de revient et des références techniques. Bourgogne. Conseil régional.
- Delate KM, Duffy M, Chase C, Holste A, Friedrich H, Wantate N, 2003. An economic comparison of organic and conventional grain crops in a long-term agroecological (research LTAR) site in Iowa. *American Journal of Alternative Agriculture* Vol. 18 (2): 59-69.
- Granatstein D, 2003. Tree Fruit Production with Organic Farming Methods. Wenatchee (WA): Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources, Washington State University. (<http://organic.tfrec.wsu.edu/OrganicIFPI/OrganicFruitProduction/OrganicMgt.PDF>; 26 April 2005)
- Jouy L, Munier-Jolain NM, 2001. Gestion de l'interculture, désherbage et protection des cultures. En: *Du labour au semis direct : enjeux agronomiques*. INRA, Paris, 18-20.
- Karlen DL, Duffy MD, Colvin TS, 1995. Nutrient, labor, energy, and economic evaluations of two farming systems in Iowa. *Journal of Production Agriculture* 8: 540-546.
- Lal R, Regnier E, Eckert DJ, Edwards WM, Hammond R, 1991. Expectations of cover crops for

- sustainable agriculture. In *Cover Crops for Clean Water*, ed. Hargrove, WL, pp.1-11. *Soil and Water Conservation Society Publication*, Ankey, USA.
- Leake A, 2000. The development of integrated crop management in agricultural crops: comparisons with conventional methods *Pest Management Science* 56, 950-953.
- Lemerle D, Verbeek B, Cousens RD, Coombes N, 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Res.* 46, 505-513.
- Lemerle D, Murphy C, 2000. Cultural management of weeds. In: Sindel BM, (Ed.), *Australian Weed Management Systems*, RG and FJ Richardson, Melbourne, pp. 123-138.
- Munier-Jolain N, Chauvel B, Gasquez J, 2005. Stratégies de Protection Intégrée contre les adventices des Cultures: le retour de l'agronomie. En: *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Ed C Regnault-Roger. Lavoisier, Paris. pp. 411-430.
- Pardo G, Aibar J, Villa F, Fernández-Cavada S, Eslava M, Zaragoza C, 2004. Estudio económico de distintos sistemas agrícolas para cultivo de cereales en secano semiárido. *ITEA*, Vol. 100 (2) 121-131.
- Pimentel D, Hepperly P, Hanson J, Douds D, Seidel R, 2005. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*. 7 (55) 573-782.
- Rasmussen J, 1993. Can high densities of competitive weeds be controlled efficiently by harrowing or hoeing in agricultural crops? *Communications of the 4th International Conference I.F.O.A.M. Non Chemical Weed Control*, Dijon, France, 85-89.
- Rasmussen IA, 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Research* 44, 12-20.
- Rosace, 2005. MC3. Réseau d'Observation des Systèmes Agricoles pour le Conseil et les Etudes. Exploitation céréalière de 100 à 200 ha à fort potentiel agronomique et possédant une culture à haute valeur ajoutée. Chambre d'agriculture de la Bourgogne.
- Sorby K, 2002. What Is Sustainable Coffee? Background paper to the World Bank Agricultural Technology Note 30. Washington (DC): World Bank.
- Swanton CJ, Shrestha A, Clements DR, Booth BD, Chandler K, 2002. Evaluation of alternative weed management systems in a modified no-tillage corn-soybean-winter wheat rotation: weed densities, crop yield, and economics. *Weed Science* 50 (4): 504-511.
- Welsh R, 1999. The economics of organic grain and soybean production in the Midwestern United States. Policy studies Report No. 13. H.A. Wallace Institute for Alternative Agriculture, Greenbelt, Md.
- (Aceptado para publicación el 25 de abril de 2008)

Obtención de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) a partir de plantación cultivada, en terreno tradicional de regadío

C. Palazón*, I. Delgado*, J. Barriuso**, S. Sánchez*, C. Asensio*

* Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. Apartado 727, 50080 Zaragoza, España
cpalazon@aragon.es

** Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca
barriuso@unizar.es

Resumen

En este trabajo se exponen los antecedentes, características y los métodos culturales desarrollados para la instalación de una plantación de encina micorrizada con *Tuber melanosporum* Vitt., para la obtención de trufa negra, en el municipio de Zaragoza.

Aunque la truficultura es considerada como una actividad de diversificación propia de zonas desfavorecidas de montaña, debe considerarse también la posibilidad de implantarse en aquellos terrenos de regadío, de naturaleza caliza, de la misma manera que se haría con una plantación frutal.

La recolección de la primera trufa negra en la parcela experimental del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, en Zaragoza, es un logro novedoso que avala esa hipótesis y que contrasta con la ortodoxia de los actuales tratados de truficultura.

Palabras clave: Trufas cultivadas, técnicas culturales, cultivos alternativos, micorrización.

Summary

Black truffle (*Tuber melanosporum* Vitt.) obtention in a mycorrhized oak orchard of a traditional irrigated land

The background, features and farming methodology to set up a *Tuber melanosporum* Vitt. mycorrhized oak orchard in order to harvest black truffle in Zaragoza (Ebro Valley, Spain), are described in this paper.

Although truffle cropping is a common activity of diversification in mountain depressed areas the establishment on irrigated and calcareous soils could be considered in the same way as a fruit orchard.

A first black truffle was obtained in an experimental plot of Agrifood Research and Technology Centre of Aragon, located in Zaragoza. This new event in this field supports this assertion in contrast with the orthodoxy of the current trends in truffle farming.

Key words: Truffle orchard, agricultural techniques, alternative crops, mycorrhization.

Introducción y antecedentes

El desarrollo de la truficultura en España ha experimentado un impulso extraordinario en esta última década, fundamentado en la apti-

tud edafoclimática de muchas partes de nuestro territorio, que lo hace particularmente propicio para la instalación de plantaciones de árboles micorrizados con el objetivo de producir trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.).

En los últimos 10 años se ha duplicado prácticamente la superficie dedicada a este cultivo, alcanzando las 5.000 hectáreas y creciendo anualmente a un ritmo medio de 400 hectáreas/año. Las razones de este desarrollo espectacular se basan no sólo en la aptitud de los suelos y climas antes aludida sino también en la mejora de los conocimientos y de toda la tecnología e investigación dedicada a los sistemas de producción. El dinamismo creciente del sector privado ha tenido también fuertes apoyos por las Administraciones Públicas, concretados en la apertura de líneas de ayuda, subvenciones, organización de Jornadas y eventos, que han influido de forma notable en la necesaria información técnica y económica que debe promover la decisión de la puesta en marcha de una plantación trufera.

Coincidiendo con REYNA (2007), la truficultura se puede considerar como una actividad de transición entre lo forestal y lo agrícola. De lo forestal tiene parte de las especies con las que se asocia para el cultivo (encina, roble, quejigo, etc.), la baja intensidad de las operaciones culturales pero, ante todo, los plazos largos en los que se mueve la inversión. Con la actividad agrícola coincide en multitud de técnicas culturales: preparación previa del terreno, laboreo continuo, poda, riego, etc., y muy especialmente en la utilización de terrenos dedicados tradicionalmente a cultivos clásicos, como cereal, viña o almendro, por poner un ejemplo.

La visita realizada en el año 1992, por parte de algunos de los autores, a las instalaciones francesas del Institute National de la Recherche Agronomique (INRA) de Burdeos, Clermont-Ferrand y Dijon nos permitió comprobar dos hechos importantes referentes a la truficultura. El primero de ellos la gran potencialidad y las enormes expectativas que el cultivo de la trufa podía representar en nuestro país, mientras que el segundo afectaba a la filosofía propia de

nuestra actividad investigadora, investigación aplicada, para la que la truficultura había perdido el carácter de universalidad y donde había fuertes intereses económicos que impedían el transvase de conocimientos entre Institutos Públicos de Investigación, habituales en otras muchas áreas, al estar sometidos a virtuales patentes industriales. Se mostraban los fundamentos de los trabajos y el producto final o los resultados, pero nunca se desvelaba con el detalle necesario el apartado de "material y métodos".

Estos hechos motivaron que los Proyectos de Investigación que se iniciaron al abrigo de las convocatorias del Plan Sectorial del INIA fueran abordados con una gran escasez de información científica precedente, siendo necesario preparar el cobijo logístico donde se plasmaría toda la actividad técnica y científica: un invernadero para el ensayo de técnicas de micorrización y una parcela de 11.000 m² para el estudio y optimización de los factores biológicos y agronómicos que supuestamente afectaban al cultivo de los plantones micorrizados con trufa negra. Tanto el terreno como la climatología de su ubicación, no eran recomendables para la instalación de una plantación, rompiendo la ortodoxia de la truficultura moderna que aconsejaba suelos de estructura granulosa, con máxima aireación, textura equilibrada y buen drenaje así como climas mediterráneos templado húmedos o fríos subhúmedos. A pesar de ello se elaboró un programa de actuaciones cuyos diseños y resultados constituyen la base del presente trabajo.

Material y métodos

Se partió de una finca de 11.000 m² ubicada en las instalaciones del actual Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) del Gobierno de Aragón, en el Cam-

pus de Aula Dei, municipio de Zaragoza, con unas coordenadas UTM: X=682284, Y=4621599, Huso 30 y una altitud geográfica de 210 m. (figura 1)

El suelo pertenecía a un antiguo terreno de aluvión, pedregoso, con textura franco-arcillosa de tipo fino, con una alta capacidad de retención de humedad y de nutrientes.

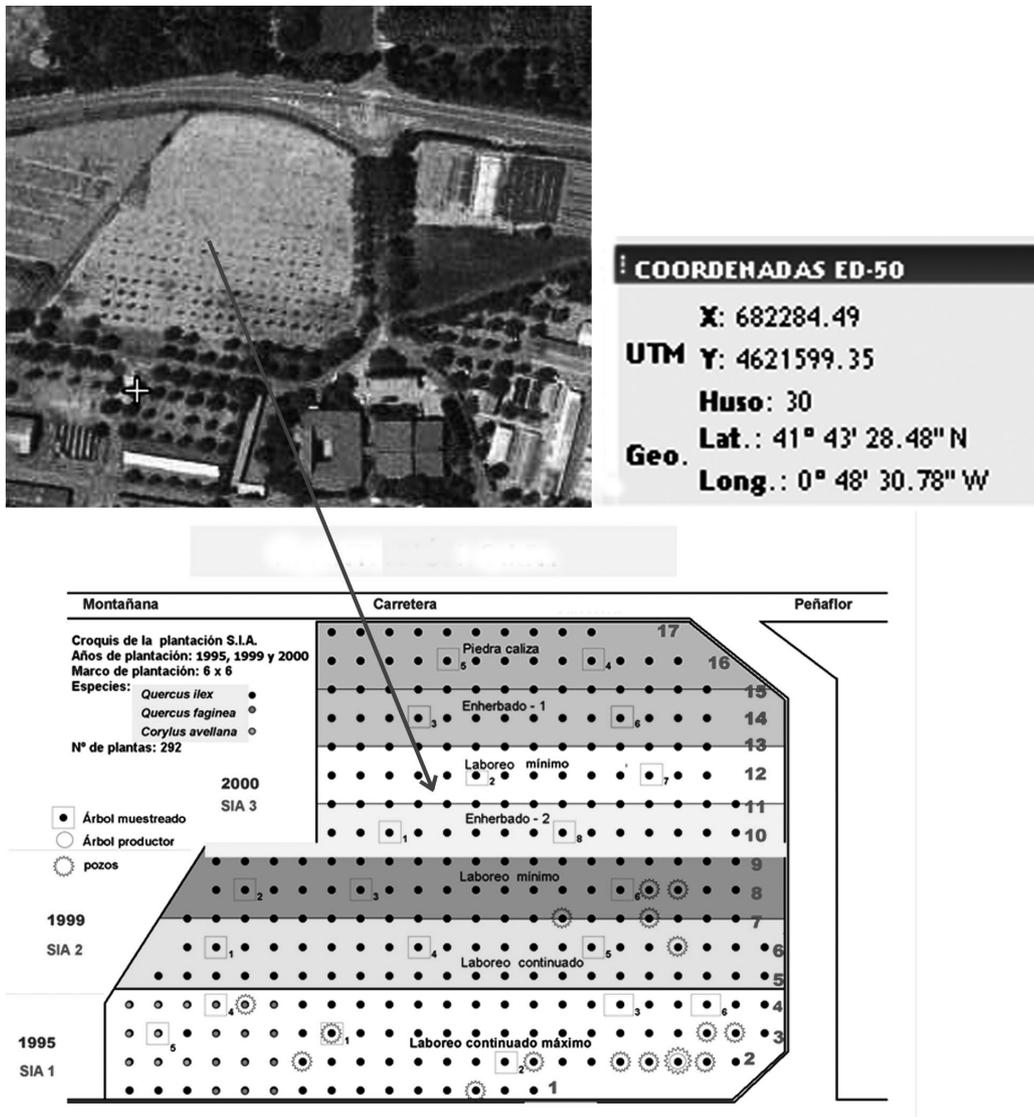


Figura 1. Localización y croquis de la parcela. Los distintos colores corresponden a los diversos tratamientos.

Figure 1. Location and sketch of the plot. The different colours represent the different treatments.

La reacción del suelo (pH) era moderadamente básica, con un contenido medio de materia orgánica y sin concentraciones altas de sales solubles. La densidad aparente del suelo en superficie alcanzaba valores cercanos a 1,6 .

Todos los parámetros referentes a los análisis del suelo están contenidos en la tabla 1.

Laboreo

Previamente a la plantación se realizó una labor de desfonde, 45-50 cm, seguida de varios pases de cultivador para eliminar las malas hierbas. El criterio seguido a lo largo de los 12 años de la plantación fue el de evitar la competencia por el agua de la flora adventicia presente en la zona de influencia o proyección de la copa de los árboles plantados, mediante pases muy superficiales de

cultivador (10-15 cm). La frecuencia de estas labores varió de acuerdo con las subparcelas consideradas, eligiendo algunas con tratamientos o pases de cultivador sin ninguna restricción (labores continuas), siempre que la infestación de malas hierbas así lo exigiera, en contraposición con otras subparcelas en las que los pases de cultivador eran mínimos y siempre coincidiendo con los meses de marzo y abril, en los que el daño teórico al micelio y a las micorrizas de los árboles se considera mínimo.

Riego

Se realizó una instalación fija de riego por aspersión, para poder asegurar las necesidades hídricas en los meses secos, especialmente importantes durante los periodos

Tabla 1. Resultados del análisis de suelo de la parcela SIA 1
Table 1. Results of the soil analysis in the plot SIA 1

Parámetros	Resultado	Valores extremos admitidos
Granulometría	Franco-arcilloso	
Arena total (0,05 - 2 mm), %	27.50	1-79
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm), %	14.04	8-79
Limo fino (0,002 - 0,02 mm), %	27.47	
Arcilla (< 0,002 mm), %	30.99	6-69
Fertilidad		
pH al agua 1:2,5	8.02	7.1-8.6
Prueba de salinidad (C.E. 1:5) dS/m a 25°C	0.23	0.03-0.19
Materia orgánica, %	2.04	0.8-17.4
Relación C/N	8.73	4.8-26
Carbonatos totales, %	29.25	
Caliza activa, %	7.3	1.9-15.6

estivales. En la figura 2 quedan reflejados los aportes anuales realizados y las precipitaciones totales anuales. La mayoría de estos aportes se realizaron durante los

meses de julio y agosto, aunque hubo que actuar en ocasiones en algunos años con primaveras y otoños particularmente secos.

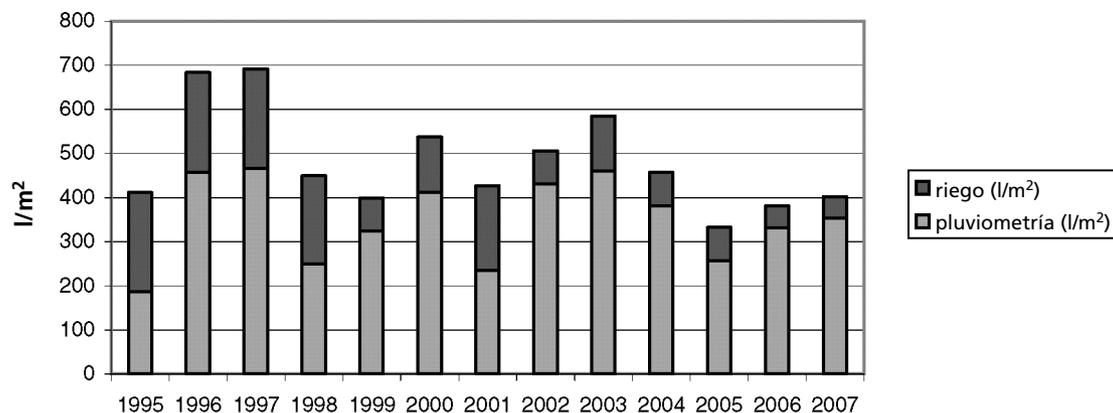


Figura 2. Precipitación total anual y aportes hídricos realizados en la parcela.
 Figure 2. Total annual rainfall and water provided to the plot.

Plantación y marco

Se eligió un marco de plantación de 6 x 6 que es el más habitualmente utilizado en la truficultura, aunque hoy en día intentan ampliarse hasta 7 x 7. Estos marcos facilitan la labor entre calles y favorecen la aireación e insolación de la zona de proyección de las copas de los árboles, fundamental para el desarrollo de los carpóforos de la trufa.

La plantación se inició el 1 de marzo de 1995, con planta micorrizada de 1 savia pro-

veniente de un vivero de Teruel (Micotec), aunque a partir de los años 1999 y 2000 ya se utilizó planta micorrizada por nuestro propio Centro de Investigación (CITA).

La apertura de los hoyos se realizó con 1 semana de anterioridad al transplante de los plántones. Éstos fueron protegidos mediante tubos de polipropileno de 60 cm con doble pared (Tubex ©) y tutor, para evitar los daños por viento, heladas y/o roedores (figura 3). Los Tubex se mantuvieron hasta el 14 de enero del año 1998.



Figura 3. Secuencia de la plantación y la aplicación del Tubex©
 Figure 3. Sequence of the plantation and application of the Tubex©

Poda

La utilización y mantenimiento de los Tubex durante casi 3 años produjo una autopoda de las ramas laterales en el interior del cilindro que facilitó la formación del árbol, completándose al cabo de dicho tiempo con una poda de formación dirigida hacia la consecución

de 3 ramas principales, con una estructura de cono invertido. Con el paso de los años se realizaron podas de mantenimiento durante los meses de febrero y marzo, procurando facilitar un equilibrio entre la parte aérea y radical a la vez que se eliminaban los chupones y rebrotes en la base del tronco de los árboles (figura 4).



Figura 4. Poda de formación y mantenimiento realizada en la plantación.
Figure 4. Shape and maintenance pruning made in the plantation.

Distribución del experimento

La plantación se inició en 1995 (83 plantas: 6 avellanos, 9 robles y 68 encinas), ejerciendo sobre ella un laboreo continuo, siempre que la infestación de malas hierbas así lo aconsejase, sin restricción de fechas. Esta subparcela se denominó SIA 1.

En el año 1998 se amplió la parcela con la plantación de 100 encinas, que se separaron en 2 bloques, el primero de ellos contemplaba un laboreo continuo análogo al de la subparcela anterior y en el segundo se aplicaron labores mínimas (2-3 máximo), siempre en los meses primaverales. Estos 2 bloques constituían la subparcela denominada SIA 2.

En el año 2000, se volvió a incrementar la plantación con 110 encinas separadas en 4

bloques. En el 1º de ellos se aportaron 20t de piedra caliza de 50-60 mm de granulometría, repartida en superficie, sobre la que se realizó un laboreo mínimo. En el 2º y 3º bloque se realizaron sendas siembras y empradizamiento con 2 tipos de festuca, *Festuca ovina* y *Festuca arundinacea*. El 4º bloque sólo contemplaba la variante del laboreo mínimo establecido en las subparcelas anteriores, 2 ó 3 como máximo, en los meses de abril, mayo o junio. Los 4 bloques constituyeron la subparcela SIA 3.

No se intentó hacer una valoración estadística de las parcelas y bloques sino que toda la actividad se centró en el análisis de raíces de 20 árboles escogidos al azar, en número y distribución que se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Número de árboles muestreados en las diferentes subparcelas
 Table 2. Number of sampled trees in the different sub-plots

Año y subparcela	Laboreo continuo	Laboreo mínimo	2 Enherbados	Piedra caliza
1995 – SIA 1	6	-	-	-
1999 – SIA 2	3	3	-	-
2000 – SIA 3	-	2	4	2

Análisis de raíces

La toma de muestras de raíces se realizó a partir del año 2000 hasta el 2007. Para el estudio de los factores que afectan al desarrollo de los simbioses, solamente cabía el análisis del estatus micorrícico de las plantas en función de los tratamientos aplicados. Este análisis, siempre cualitativo, nos permitiría conocer la evolución en sentido positivo o negativo del desarrollo y proliferación de las micorrizas de *T. melanosporum* frente a otras posibles micorrizas competidoras, que podía conducir al inicio de la producción trufera o a su desaparición, simplemente cuantificando la proporción de árboles con presencia de *T. melanosporum* en los diversos tratamientos.

Para conocer el estado de la micorrización fue necesario la toma periódica de muestras estacionales, con especial atención a la primavera y el otoño, por ser estas épocas en las que el micelio se desarrolla más rápidamente y con mayor actividad. Se trataba básicamente de tomar muestras de las raíces en la zona superficial (10-20 cm de profundidad) en los límites del quemado y, en el caso de árboles jóvenes, en proximidad del cuello o en la proyección de la copa sobre el suelo (figura 5). Para ello se utilizó la metodología propuesta por Giraud (1988) descrita como "método global", porque permite obtener una idea general de la micorrización de la parcela, aplicándola a todos los árboles muestreados, cualquiera que sea su edad.



Figura 5. Toma de muestras para el análisis de las micorrizas de las plantas.
 Figure 5. Samples taking for the analysis of the plants mycorrhizae.

El siguiente paso fue el de lavar "in situ" las raíces extraídas y depositarlas en frascos o bolsas convenientemente etiquetados. Para la observación macroscópica de las ectomicorrizas se siguieron las directrices marcadas por Agerer (1987-2007) teniendo en cuenta aspectos como el tipo de ramificación, longitud del sistema micorrícico, longitud de las puntas sin ramificar, diámetro de estas puntas y de los ejes, el color, si había o no rizomorfos y características de la superficie del manto de la micorriza.

Para la determinación de las especies, mediante observación microscópica, utilizamos numerosos trabajos que describen las características de las principales especies competidoras que aparecen en las truferas (Pacioni, 1990; Bencivenga et al., 1992; Granetti, 1995; Zambonelli et al., 1993; De Miguel y Sáez, 2005; González Armada et al., 2007) así como el ya citado de Agerer (1987-2007).

Resultados y discusión

Una de las grandes incógnitas de la truficultura moderna es la relación entre determinadas prácticas culturales y la consolidación de la simbiosis entre el hongo y el árbol a lo largo de los años, culminando con la aparición de las primeras trufas. Los conocimientos adquiridos a partir de trabajos anteriores (Palazón et al., 2000) nos habían permitido realizar el análisis del estatus micorrícico de las plantaciones y hacer una estimación de los niveles de la micorrización en lo que afectaba a la presencia de *T. melanosporum* y sus competidores, observando su posible variación en función de las técnicas culturales aplicadas, que suelen afectar a la frecuencia del riego y al tipo y número de labores. Este análisis es fundamental a la hora de establecer previsiones de cosecha, siendo el único valor objetivo que puede aportar información a este respecto.

La figura 6 resume el análisis de la micorrización en el total de los árboles muestreados de las diferentes subparcelas, estableciendo el porcentaje de plantas en el que *T. melanosporum* fue detectada en el análisis de todas las micorrizas presentes en su sistema radical. En él puede observarse que todas las parcelas consideradas tienen unos valores porcentuales muy altos de árboles con micorrizas de *T. melanosporum*, con alguna fluctuación en el caso de la subparcela SIA 1 y con una disminución, todavía no preocupante, en el caso de la subparcela SIA 2 que deberá ser vigilada en los análisis de 2008.

El momento más importante en la historia de una plantación trufera es aquel en el que se inicia la producción. Los plazos son dilatados, de 6 a 10 años por término medio, y van directamente relacionados con la elección del terreno y su enclave, con la climatología, con la calidad de los plantones micorrizados y finalmente con el uso de prácticas culturales adecuadas. En nuestro caso, tanto el terreno como la climatología de su ubicación, no se caracterizaban por su idoneidad dentro de la ortodoxia de la truficultura moderna, sin embargo sí que se cumplían los otros condicionantes de la ecuación de una truficultura racional y que afectan a la calidad de la planta micorrizada y a las labores adecuadas de cultivo tanto en la plantación como a lo largo de su vida.

El hecho concreto es que el 24 de enero de 2008, en la subparcela SIA 1, se "cazó" con ayuda de perro la primera trufa negra de la plantación (figura 7), justamente en la zona de mayor pedregosidad de la parcela. Se encontraba a una distancia de 80 cm del tronco del árbol y a unos 10 cm de profundidad. Tanto el aroma como la textura y color del peridio y la gleba indicaban que sus cualidades organolépticas estaban algo afectadas a causa de haber sobrepasado su periodo de madurez y frescura. Su peso en fresco fue de 7,25 g. Las características del peridio y

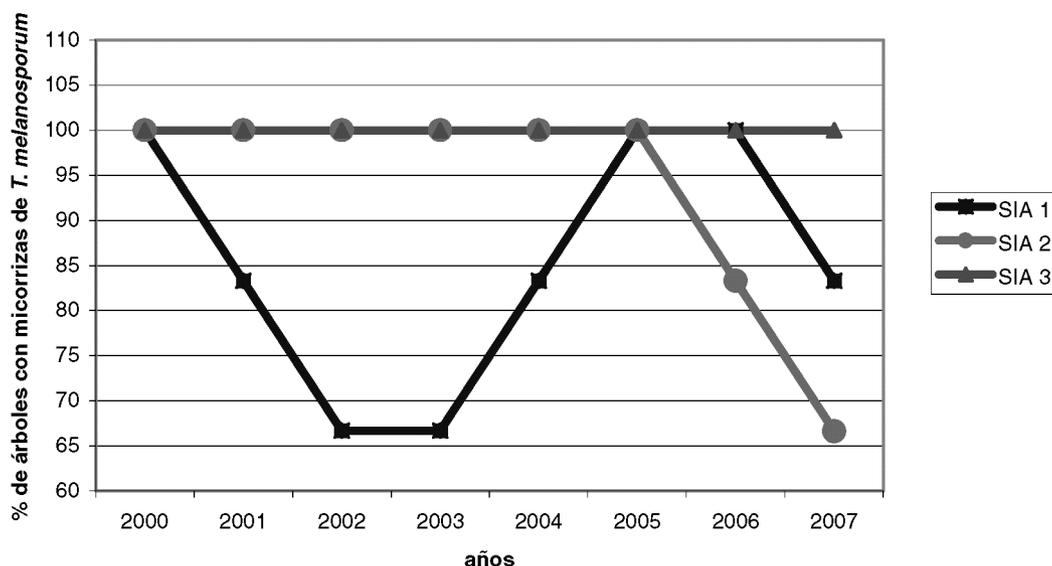


Figura 6. Evolución temporal del porcentaje de árboles con micorrizas de *T. melanosporum*.
 Figure 6. Time evolution of the percentage of trees with *T. melanosporum* mycorrhizae.

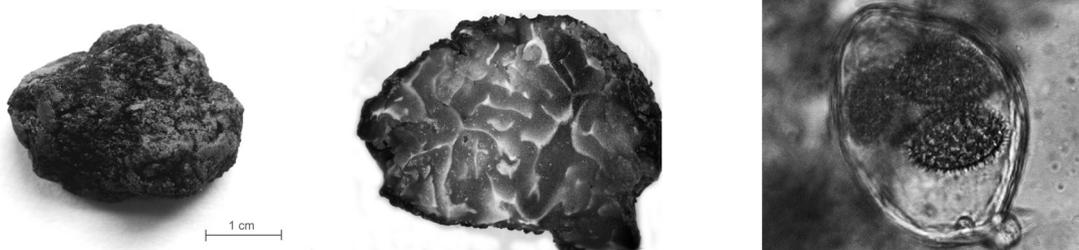


Figura 7. Carpóforo, gleba, asca y ascosporas de la trufa encontrada.
 Figure 7. Sporocarp, gleba, asca and ascospores of the found truffle.

la observación microscópica de las ascas y ascosporas, permitieron determinar que se trataba de la especie *T. melanosporum*.

La obtención de esta 1ª trufa negra (*T. melanosporum*) en las parcelas experimentales del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) es para los autores un hecho sin precedentes y que rompe muchos moldes y teorías de todos los tratados en truficultura, abandonando muchos tópicos existentes. Es un logro de la Agronomía con mayúsculas. Si considera-

mos que el hecho se ha producido en un terreno agrícola enclavado en una zona urbana, fuera de toda norma, compacto y poco propicio, con una flora y fauna propia de un cultivo de regadío y con una climatología fuera de rango, propia de un clima continental extremado, a 210 metros de altitud, con una parada de autobús a pocos metros de los árboles, el hablar de recolectar trufa negra parece casi una frivolidad.

Otro aspecto importante de este trabajo radica en la apertura de expectativas hacia

este cultivo, poniendo en valor a la parcela del CITA, que pasa a simbolizar las grandes posibilidades de muchos terrenos y territorios de nuestro país, hasta ahora desaconsejados por las guías y tratados en truficultura.

No es una panacea. Hacen falta cuidados, dinero, bastantes análisis y mucha fe. Pero el hecho es posible. Los beneficios en la aplicación de las modernas técnicas de cultivo, que son la base de la truficultura moderna, se han puesto de manifiesto en el marco de Proyectos de Investigación desarrollados con anterioridad y se han concretado en la obtención de trufa negra, *T. melanosporum*, de la manera y formas precedentemente descritas.

El trabajo que aquí se ha presentado incide de un modo importante en las consideraciones previas y en la ortodoxia de una actividad como la truficultura, al ampliar el rango del terreno agrícola utilizable hasta las zonas de regadío tradicionales, en donde ésta nunca ha sido posible, ni siquiera una alternativa a considerar.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), cofinanciado con fondos FEDER, en el Marco del Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario del MAPA, Proyecto SC00-013 así como por el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, Proyecto RTA2006-00017.

Bibliografía

Agerer R, 1987-2007. Colour atlas of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag.

Bencivenga M, Donnini D, Di Masimo G, 1992. Analisi delle micorrize in una tartufoia coltivata di *Tuber melanosporum* undici anni dopo l'impianto. Micologia e Vegetazione Mediterranea 7 (1): 159-171.

De Miguel AM, Sáez R, 2005. Algunas micorrizas competidoras de plantaciones truferas. Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica, 16: 1-18.

Giraud M, 1988. Prélèvement et analyse des mycorrhizes. C.T.I.F.L. La Truffe. F.N.P.T. Congrès de la trufficulture, Saintes, 27-28 Novembre 1987 Ed: Charles Parra 10: 49-63.

González Armada MB, De Miguel AM, Palazón C, Cavero RY, Sánchez S, Barriuso J, 2007. Mycorrhizic and floristic diversity in truffle plantations of Spain. Actas de la 1ª Conferencia Mundial sobre Conservación y Uso Sostenible de Hongos Silvestres, Córdoba: 312.

Granetti B, 1995. Caratteristiche morfologiche, biometriche e strutturali delle micorrize di *Tuber* di interesse economico. Micol. Ital. 2: 101-117.

Pacioni G, 1990. Impatto di nuove metodologie sulla tassonomia di *Tuber*. Atti del Secondo Congresso Internazionale sul Tartufo, Spoleto: 51-52.

Palazón C, Delgado I, Barriuso J, Urdiroz A, Vilas J, 2000. Plantaciones truferas: instalación, labores culturales, seguimiento y estudio económico. Actas Jornadas de Truficultura, 51-77, Viver-El Toro (Castellón). Octubre 2000.

Reyna S, 2007. Truficultura: Fundamentos y técnicas, Editorial Mundi-Prensa, 688 pp.

Zambonelli A, Salomoni S, 1993. Caratterizzazione anatomo-morfologica delle micorrize di *Tuber* spp. su *Quercus pubescens* Willd. Mic. Ital. 3: 73-90.

(Aceptado para publicación el 2 de junio de 2008)

Aislamiento y cultivo de protoplastos del patrón ciruelo 'Mariana 2624' (*Prunus cerasifera* Ehrh x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick)

P. Andreu, A. Arbeloa, N. Terrén, J.A. Marín

Estación Experimental de Aula Dei (CSIC). Avda Montañana 1005, 50059 Zaragoza

Correspondencia: andreu@eead.csic.es

Resumen

La utilización del cultivo de protoplastos en especies frutales está limitada entre otras razones, por la falta de reproducibilidad de los resultados obtenidos previamente. En este trabajo se concluye la importancia de definir con precisión, no solo las condiciones de aislamiento y cultivo de los protoplastos, sino del estado fisiológico del material vegetal, que ha mostrado una gran influencia. La inclusión de pectoliasa entre las enzimas para la digestión de la pared celular en tejidos foliares fue decisiva para el éxito, obteniendo mejores resultados con la combinación de celulasa Onozuka R-10, pectoliasa y macerozima. El número de protoplastos aislados obtenidos aumentó tras someter a los brotes a un periodo de oscuridad de 7 días. Con brotes etiolados, la utilización de la solución M38 para la prepasmólisis y la digestión enzimática aumentó notablemente, tanto el rendimiento, como la viabilidad, que fueron máximas cuando, además, los brotes fueron cultivados en un medio con zeatina. La cefotaxima, aunque no tuvo un efecto en el aislamiento de los protoplastos, sí que influyó positivamente en el cultivo de protoplastos permitiendo la división celular y formar grupos celulares de hasta 10 células.

Palabras clave: especies frutales; pectoliasa; oscuridad; cefotaxima.

Summary

Isolation and culture of protoplasts from the plum rootstock 'Marianna 2624' (*Prunus cerasifera* Ehrh x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick)

Protoplast culture in fruit tree species is limited, among other reasons, by the lack of reproducibility of previous results. In this work, we show that a precise definition, of the protoplast isolation and culture conditions, as well as the characterization of the physiological state of plant material are particularly important, since they greatly affected both yield and viability. The inclusion of pectolyase among the enzymes for cell wall digestion was critical. We got best results with a combination of Onozuka R-10, pectolyase and macerozyme. Yield increased during protoplast isolation when donor shoots were previously cultured in darkness for 7 days. When etiolated shoots were used, both yield and viability increased significantly when M38 solution was used both for pre-plasmolysis and enzyme digestion. In addition, maximum yield and viability were achieved when shoots were cultured in a medium with zeatin. Cefotaxime did not affected protoplast isolation but had a positive effect in protoplast culture, allowing cell division and cell aggregates of up to 10 cells.

Key words: fruit-tree species; pectolyase; darkness; cefotaxime.

Introducción

A pesar de que el aislamiento de protoplastos y la regeneración posterior de plantas ha sido posible en numerosas especies (Power y Davey, 1990), posibilitando el uso de la técnica para aplicaciones biotecnológicas como la fusión de protoplastos de diferentes individuos y la obtención de híbridos somáticos y de cíbridos (híbridos que comparten sólo el citoplasma) (Henn et al., 1998; Gilmour et al., 1989; Olivares-Fuster et al., 2005), se trata de una tecnología difícil de reproducir y de aplicar en plantas de interés agronómico (Teasdale y Rugini, 1983; Ochatt y Power, 1991) y sobretodo en especies leñosas, como los frutales (Marino, 1991; Matsuta, 1992; Mills et al., 1994; Ferreira et al., 2001; Ortín-Parraga y Burgos, 2003).

Diferentes trabajos han descrito la obtención de protoplastos y la regeneración de plantas tras su cultivo (Ochatt, 1993; Ochatt et al., 1995; Huancaruna y Schieder, 1993; Witjaksono et al., 1998) pero las dificultades de reproducción de estos resultados ha ocasionado un abandono de la técnica que se ha visto reflejado en la ausencia de publicaciones recientes sobre el cultivo de protoplastos de frutales. Esto impide la aplicación de esta técnica en este grupo de especies de gran interés agronómico.

En este trabajo determinaremos algunos de los factores que influyen en el aislamiento eficaz de protoplastos de hoja del patrón frutal 'Mariana 2624' muy utilizado como portainjertos, que pertenece al grupo ciruelo y que es de origen híbrido (*Prunus cerasifera* Ehrh x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick) y del que no se encuentran trabajos previos relacionados. Así, mostraremos el importante papel de las enzimas pectoliasa y macerozima en la obtención de protoplastos de hoja. Igualmente, veremos que el cambio de estado fisiológico de los brotes, bien tras un periodo de oscuridad, bien por el tipo de citoquinina en el

medio de cultivo, tuvo un gran efecto en la obtención de protoplastos. Finalmente describimos el papel beneficioso del antibiótico cefotaxima en el cultivo posterior de los protoplastos, mediante la inhibición del crecimiento de bacterias endógenas, comunes en árboles de especie propagadas clonalmente.

Material y métodos

Mantenimiento de los cultivos

Los cultivos de brotes del patrón ciruelo Mariana 2624, mantenidos in vitro durante más de un año, se subcultivaron cada 4 semanas en un medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) modificado según se ha descrito previamente (Andreu y Marín, 2005). El medio MS se suplementó con IBA y BAP en concentraciones de 0,5 y 4,4 μM respectivamente y con sacarosa al 3%. Los cultivos se mantuvieron con un fotoperiodo de 16 horas de luz y la intensidad de la iluminación fue de 35 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Estos brotes se utilizaron para la obtención de protoplastos de hoja, pero para obtener brotes etiolados, se mantuvieron cultivos de brotes en oscuridad total durante 6 semanas en el mismo medio de cultivo.

Pretratamientos

Los brotes fueron tratados, previamente a la digestión de las hojas con la solución enzimática, con diferentes tratamientos para estudiar su efecto en el rendimiento y en la viabilidad de los protoplastos.

Oscuridad

Los cultivos se mantuvieron en oscuridad durante periodos crecientes (de 2 a 7 días y 18 días de oscuridad) inmediatamente antes de su utilización.

Citoquininas en el medio de cultivo

Se comparó el efecto de la sustitución de la bencilaminopurina (BAP) por la citoquinina natural zeatina (Z), ambas a 4.5 μ M, durante el subcultivo anterior a su utilización.

Efecto del antibiótico cefotaxima en el medio de cultivo

Se estudió el efecto de la inclusión de cefotaxima a 0,1 g/l en el medio de cultivo del último subcultivo en el rendimiento y viabilidad de los protoplastos obtenidos. La cefotaxima inhibe el crecimiento bacteriano durante la fase de cultivo de los protoplastos.

Aislamiento de protoplastos

El protocolo del aislamiento de protoplastos utilizado está basado en el descrito por Power y Davey (1990) y consistió en la inmersión de los tejidos vegetales en una solución estabilizadora con manitol y/o sorbitol durante una hora. Se utilizaron dos

soluciones con composición diferente: CPW 13M (Power y Davey, 1990) y M38 (Matsuta et al., 1986). Tras la preplasmólisis, se pasaron a la misma solución base a la que se añadieron las enzimas para la digestión de las paredes celulares. Las mezclas de enzimas utilizadas se muestran en la tabla 1 para hojas y en la tabla 4 para brotes etiolados. La digestión enzimática actuó toda la noche en agitación (40 rpm) y oscuridad y al día siguiente se filtró y se eliminaron las enzimas con sucesivos lavados con la solución base. Se centrifugó la solución 10 minutos a 1200 rpm sobre la solución base con un 20% de sacarosa y se recogieron los protoplastos con una pipeta en la interfase formada (figura 1). Los protoplastos se contaron con la ayuda de un hemocitómetro y se pusieron en el medio de cultivo con una densidad adecuada que osciló entre 5×10^4 y 1×10^6 protoplastos/ml (Ochatt, 1994). El rendimiento se expresó como el número de protoplastos obtenidos por gramo de peso fresco de tejido. La viabilidad se expresó como porcentaje de protoplastos vivos sobre el total, y se determinó con el colorante vital

Tabla 1. Composición de las distintas soluciones enzimáticas (% peso/volumen) y rendimiento (número de protoplastos $\times 10^6$ /g) y viabilidad (%) de los protoplastos obtenidos
Table 1. Composition of the different enzymatic solutions used (% w/v) and yield (protoplast number $\times 10^6$ /g) and viability (%) of achieved protoplasts

	1	2	3	4	5	6	7
Onozuka-R10	0	1	1	1	1	1	1
Driselasa	1	0	0,1	0	0	0	0
Hemicelulasa	0	1	1	0	1	0	0
Pectoliasa	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
Macerozima	0	0,1	0	0	0,1	1	0,5
Pectinasa	1	0	0	0	0	0	0
MES	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PVP	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Glicina	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
pH	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
protx 10^6 /g	0	0	0	8	11,9	11,5	17,3
Viabil %	0	0	0	35	20,3	21,6	80,8

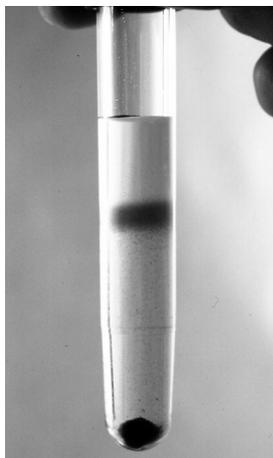


Figura 1. Aislamiento de protoplastos de la interfase tras la centrifugación
Figure 1. Protoplast isolation from the interface following centrifugation

FDA (Wildholm, 1972) que tiñe los protoplastos vivos de color verde intenso al ser observados con un microscopio de fluorescencia (Olympus IMT2).

Protoplastos de hoja

Para el aislamiento de protoplastos de hoja, se utilizaron hojas totalmente desarrolladas de la parte superior de los brotes. Una vez pesadas, se cortaron en trozos pequeños para aumentar la superficie de contacto con la solución enzimática. La solución base utilizada fue la CPW13M con un 13% de manitol (Power y Davey, 1990) tanto en la preplasmólisis como en la digestión enzimática. Se estudió la eficacia de diferentes combinaciones y concentraciones de enzimas celulasas, hemicelulasas y pectinasas que se pueden ver en la tabla 1. A la solución enzimática se le añadió glicina, PVP-10 como antioxidante y MES como tampón para estabilizar el pH durante la digestión (Ochatt et al., 1995).

Protoplastos de brotes etiolados

Se utilizaron cultivos de brotes de Mariana 2624 que permanecieron 6 semanas en oscuridad. Los brotes se pesaron y se cortaron en trozos pequeños para aumentar la eficacia de las enzimas. Se utilizaron tanto en la preplasmólisis como en la digestión enzimática las soluciones base M38 o CPW13M y se determinó la eficacia de diferentes mezclas enzimáticas descritas en la tabla 4. Igualmente, se estudió el efecto del tipo de citoquinina utilizada (BAP o zeatina) en el último subcultivo de brotes (ver tabla 5). El rendimiento de protoplastos y la viabilidad se determinaron como se ha descrito anteriormente.

Cultivo de protoplastos

Para el cultivo de protoplastos, independientemente del origen, se utilizó el medio puesto a punto por Pascual y Marín (2005) para la regeneración adventicia de Mariana 2624, basado en el medio de Quoirin y Lepoivre (1977), con los macronutrientes a mitad de concentración y sin ácido nicotínico ni piridoxina. Se añadió a todos los medios el antibiótico cefotaxima (0,1 g/l). Al medio se le añadió hidrolizado de caseína (0,1 g/l), sacarosa (2 g/l) y manitol (90 g/l). Además, se añadieron los reguladores de crecimiento NAA (ácido naftalenacético) (2,6 μ M) y BAP (3,5 μ M). El cultivo de protoplastos se llevó a cabo en gotas de medio líquido con los protoplastos sobre el mismo medio solidificado con agarosa al 2,4% al que se añadió 2,4 D (0,5 μ M), zeatina (0,1 μ M) y sorbitol (10g/l) y se disminuyó el manitol a 50 g/l. Los cultivos se realizaron en placas de Petri, en oscuridad, a 25 °C.

Los experimentos se repitieron al menos 3 veces y se muestran los valores promedio.

Resultados

Protoplastos de hoja

Dos tipos de protoplastos fueron obtenidos a partir de hoja. La mayor parte fueron protoplastos con cloroplastos y con un tamaño medio de 20 μm de diámetro. Estos protoplastos proceden del mesófilo de la hoja. Una pequeña proporción estuvo formada por protoplastos sin cloroplastos y ligeramente más pequeños y su procedencia fue la epidermis.

Comparación de diferentes soluciones enzimáticas

Se compararon 7 combinaciones diferentes de soluciones enzimáticas. Los mejores resultados con mayor viabilidad y rendimiento son los obtenidos con una solución enzimática (número 7, tabla 1), que combina una celulasa, Onozuka R-10, y dos pectinasas: pectoliasa y macerozima. Los valores de viabilidad obtenidos son del 80% y el rendimiento, número de protoplastos por gramo de material, es 17×10^6 . Esta solución enzimática es la que se utilizó en los experimentos posteriores. Los resultados obtenidos utilizando diferentes composiciones enzimáticas se pueden ver en la tabla 1. Podemos observar que la inclusión de la pectoliasa (combinaciones 4 a 7) hace posible la obtención de protoplastos, que en las demás combinaciones fue negativa. Cuando la pectoliasa se combina con una concentración intermedia de macerozima (0.5%) el rendimiento y la viabilidad de los protoplastos obtenidos es máxima.

Efecto de un periodo de oscuridad

El periodo de oscuridad previo a la digestión enzimática tuvo un efecto positivo en la obtención de protoplastos que fue máximo a los 7 días (figura 2). Se observó que el rendimiento tuvo un pico a los 7 días de oscuridad, alcanzando un rendimiento de 12×10^6 proto-

plastos/g y la viabilidad se mantuvo en unos valores parecidos, siendo de un 61% a los 7 días. Este periodo de oscuridad se fijó para los siguientes experimentos con aplicación de oscuridad previa.

La comparación de la aplicación o no de un periodo de oscuridad de 7 días, previo a la digestión enzimática, resultó en un notable aumento, tanto del rendimiento, como de la viabilidad de los protoplastos (tabla 2).

Efecto del antibiótico cefotaxima

La inclusión de cefotaxima en el medio de cultivo, a pesar de que bajó el rendimiento en la obtención de protoplastos (tabla 3), inhibió el crecimiento de bacterias de origen endógeno, proporcionando cultivos que podían mantenerse en el tiempo, permitiendo la división celular. La viabilidad de los protoplastos no mostró cambios respecto a los cultivos sin cefotaxima.

Protoplastos a partir de brotes etiolados

La obtención de protoplastos a partir de brotes etiolados fue influida por la composición de la solución enzimática de digestión. Al igual que en hoja, la pectoliasa se mostró eficaz (combinación 2, tabla 4), aunque no fue así cuando se aumentó la concentración de la celulasa Onozuka R-10. Sin embargo, la combinación de driselasa y pectinasa dió mejores rendimientos, aunque con menor viabilidad (combinación 4, tabla 4) y es la que se utilizó en el resto de experimentos con brotes etiolados.

Efecto del tipo de citoquinina en el medio de cultivo de brotes y de la composición de la solución base en preplasmólisis y en la digestión enzimática

Tanto el rendimiento como la viabilidad de los protoplastos fue influido de forma notable por la combinación del tipo de citoqui-

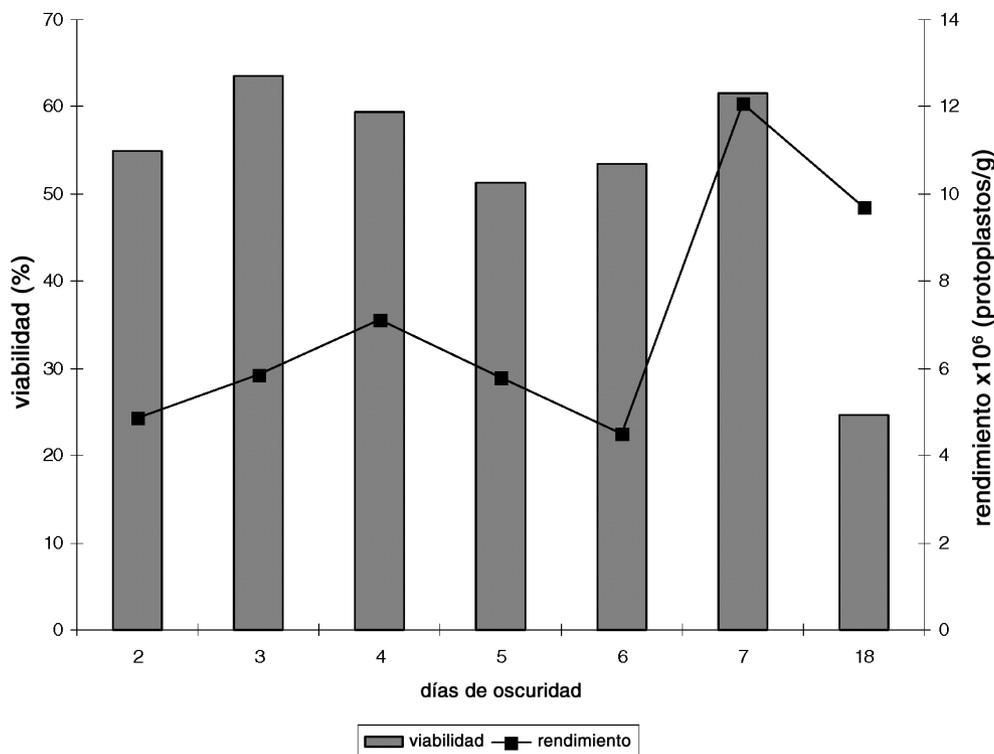


Figura 2. Rendimiento (número de protoplastos $\times 10^6/g$) y viabilidad (%) de los protoplastos obtenidos con diferentes periodos de oscuridad
 Figure 2. Yield (protoplasts $\times 10^6/g$) and viability (%) of protoplasts after different periods of darkness

Tabla 2. Valores medios de rendimiento y viabilidad de protoplastos obtenidos en los experimentos con y sin aplicación de un periodo de 7 días de oscuridad previa
 Table 2. Mean values of yield and viability of protoplasts obtained after the application (or not) of a previous darkness period of 7 days

	Rendimiento (protoplastos $\times 10^6/g$)	Viabilidad (%)
Con oscuridad previa	17,3	80,8
Sin oscuridad previa	7,7	20,6

nina (BAP o zeatina) y de solución base (CPW 13M o M38) y los resultados se muestran en la tabla 5. El rendimiento y la viabilidad mejoraron cuando se sustituyó la solución base CPW 13M (combinación 1),

generalmente utilizada para protoplastos de hoja, por la M38, bien durante la digestión enzimática (combinación 2) o también durante la preplasmólisis (combinación 3). Una mejora adicional fue obtenida al susti-

Tabla 3. Valores medios de rendimiento y viabilidad de protoplastos obtenidos con o sin la inclusión del antibiótico cefotaxima (0.1 g/l) en el medio de cultivo de brotes

Table 3. Average values of yield and viability of protoplasts obtained from shoots cultured in a culture medium with or without cefotaxime (0.1 g/l)

	Rendimiento (protoplastos x10 ⁶ /g)	Viabilidad (%)
Con cefotaxima	5,5	53,3
Sin cefotaxima	9,1	55

Tabla 4. Composición de las distintas soluciones enzimáticas (% peso/volumen en la solución M38) utilizadas en la obtención de protoplastos de brotes etiolados

Table 4. Composition of enzymatic solutions (% w/v) in M38 basal solution used with etiolated shoots

Nº	OnozR10	Driselasa	Pectoliasa	Pectinasa	protx10 ⁶ /g	Viabil %
1	2	1	0,1	0	0	
2	1	1	0,1	0	2	97
3	1	0,5	0	1	0,11	13
4	0	1	0	1	7,2	75,75

Tabla 5. Efecto de la solución base y del tipo de citoquinina en el rendimiento y viabilidad de los protoplastos obtenidos a partir de brotes etiolados (BAP: bencilaminopurina; Z: zeatina)

Table 5. Effect of basal solution and type of cytokinin in protoplast yield and viability obtained from etiolated shoots (BAP: benzylaminopurine; Z: zeatin)

Combinación	Citoquinina	Sol. base enzimática	Sol. base Preplasmólisis	Rendimiento (protoplastos/g)	Viabilidad (%)
1	BAP	CPW 13M	CPW 13M	1.6 x 10 ⁶	74,75
2	BAP	M38	CPW 13M	1.6 x 10 ⁶	90
3	BAP	M38	M38	6.4 x 10 ⁶	96,91
4	Z	M38	M38	8.6 x 10 ⁶	100

tuir la citoquinina (BAP) utilizada en el medio de cultivo de brotes por zeatina combinada con la solución M38 (combinación 4) alcanzando un rendimiento de 8.6 x 10⁶ protoplastos/g y una viabilidad del 100%.

Cultivo de protoplastos

Los protoplastos comenzaron a dividirse a los 3-4 días de su puesta en cultivo y a los 6 días se encontró un porcentaje de entre un

43 y un 70% de protoplastos en división. A los 14 días la mayoría de los protoplastos había formado grupos de 3 células (figura 3), pero a partir de ese momento, las divisiones se detuvieron. Sin embargo, se obtuvie-



Figura 3. División celular durante el cultivo de protoplastos
 Figure 3. Cell division during protoplast culture

ron algunos grupos de hasta 10 células (figura 4) en cultivos de protoplastos obtenidos a partir de brotes cultivados con el antibiótico cefotaxima, pero las divisiones cesaron sin llegar a formar microcallos.

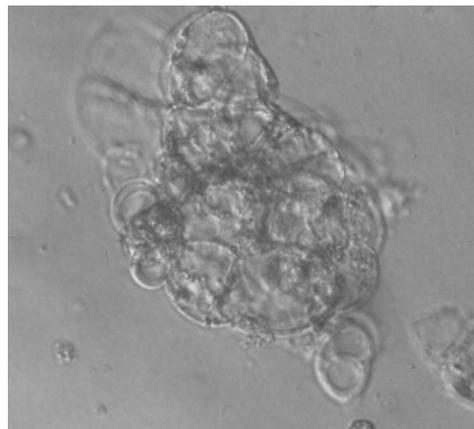


Figura 4. Grupo de 10 células durante el cultivo de protoplastos
 Figure 4. Cell aggregate (10-cell size) during protoplast culture

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo nos muestran la importancia que tiene una combinación de enzimas adecuada, así como de su concentración, en el aislamiento de protoplastos a partir de tejidos vegetales. En nuestro caso, junto a la celulasa Onozuka R-10, la presencia de la pectoliasa entre las enzimas utilizadas, ha sido decisiva para la obtención de protoplastos de hoja de 'Mariana 2624', ya que sólo las combinaciones de enzimas que la incluían dieron resultados positivos. Además, la presencia de macerozima en una concentración intermedia aumentó considerablemente tanto el rendimiento como la viabilidad de los protoplastos. Encontrar una combinación adecuada ha sido determinante, bien por ser

capaz de digerir los variados materiales específicos de la pared celular, bien porque las concentraciones de las diferentes enzimas guarden un equilibrio que las haga funcionales, o bien por tener suficiente actividad sin llegar a tener un efecto tóxico.

Sin embargo, junto a la combinación y concentración de las enzimas concurren otros aspectos que también condicionan el resultado final. Entre éstos, hemos puesto de relieve el papel que tiene el estado fisiológico tras un periodo de oscuridad, y cómo el alargamiento de este periodo hasta 7 días mejoró el número de protoplastos obtenidos en el aislamiento. Los cambios producidos tras ese periodo de oscuridad pueden tener un papel importante en facilitar la digestión de la pared o en la estabilidad posterior del protoplasto, una

vez aislado. A pesar de que en las condiciones de cultivo in vitro la actividad fotosintética está muy limitada por la baja intensidad de luz y por la presencia de sacarosa en alta concentración (Langford y Wainright, 1988), otras actividades metabólicas pueden ser reguladas por la luz. El efecto beneficioso descrito aquí está de acuerdo con el descrito previamente en *Malus* y *Prunus* (Diekmann et al., 1998). Este efecto del estado fisiológico, difícil de definir con precisión con los conocimientos actuales, puede ser uno de los factores que más influyan en la poca reproducibilidad de los resultados y su importancia ha sido observada anteriormente. El estado fisiológico del material de partida fue un factor importante y produjo gran variabilidad en los resultados obtenidos por Algarate y Andreu (1999) en albaricoquero. La obtención de protoplastos a partir de hojas ha proporcionado dos tipos de células. Los protoplastos de hoja, con clorofila, tuvieron problemas para dividirse, a diferencia de los protoplastos de epidermis de hoja que dividieron y regeneraron nuevas plantas (Raquel y Oliveira, 1996). En nuestro trabajo hemos visto la necesidad de estudiar en trabajos futuros la puesta a punto de la técnica para trabajar con protoplastos de epidermis de hoja, que presentan más dificultad en la fase de purificación.

Además de la variabilidad encontrada según el estado fisiológico del material vegetal, se ha visto que la regeneración a partir de otros tejidos puede dar lugar a resultados diferentes. Oliveira y Pais (1991) obtuvieron mejores resultados utilizando peciolo o raíz de kiwi.

En nuestro trabajo, hemos utilizado, además de hojas, brotes etiolados que han presentado un comportamiento diferente. Con el material etiolado la solución más eficaz, utilizada para disolver las enzimas fue la M38, utilizada por Matsuta (1992) con suspensiones celulares de melocotonero, en lugar de la habitual CPW 13M descrita por Power y Davey (1990). Aunque ambas soluciones tie-

nen la misma cantidad de cloruro cálcico, la M38 tiene mayor cantidad de fosfato potásico y además de manitol lleva sorbitol a partes iguales. Esta solución ha proporcionado, en nuestro trabajo, mayores rendimientos y viabilidad en la obtención de protoplastos de brotes etiolados cuando fue aplicada tanto en la preplasmólisis, como en la digestión enzimática, y resaltar este hecho supone una gran ventaja para el uso de la técnica.

Otro factor que ha influido en el estado fisiológico ha sido la utilización con ventaja de zeatina, una citoquinina natural, en lugar de BAP, una citoquinina de síntesis, lo que aumentó tanto el rendimiento como preservó la viabilidad de todos los protoplastos obtenidos (100%). En trabajos anteriores se observó que en patrones híbridos de almendro x melocotonero, la zeatina en lugar de BAP, mejoró el rendimiento (Farre y Andreu, 1997).

Además de optimizar los resultados obtenidos en el proceso de aislamiento de protoplastos, la fase final de cultivo es imprescindible para poder aplicar la técnica mediante la regeneración de plantas. Pero no siempre hay correspondencia entre los resultados en la fase de obtención con la división continuada y regeneración en la fase de cultivo. En este trabajo hemos estudiado el efecto beneficioso de la inclusión de un antibiótico en el medio de cultivo. Uno de los problemas frecuentes en el cultivo de protoplastos utilizando especies frutales de multiplicación clonal, y que son cultivados en campo, es la presencia de bacterias endógenas que suele pasar desapercibida mientras el material se mantiene en cultivo in vitro, pero que se pone de manifiesto cuando los protoplastos son aislados y se ponen en cultivo. Entonces el crecimiento bacteriano imposibilita la división celular y la formación de microcallos. Siguiendo la sugerencia del equipo del Dr. Moreno (García-Sogo et al., 1991) se añadió cefotaxima en el último subcultivo para inhibir el crecimiento bacteriano, lo que posibilitó una mayor divi-

sión celular. De los antibióticos disponibles, la cefotaxima presenta la ventaja adicional de inducir la división celular en leñosas (Utra Vaz et al., 1993). El resultado obtenido fue positivo y permitió la obtención de grupos de hasta 10 células, tras sucesivas divisiones celulares.

Los resultados obtenidos muestran la importancia de definir con precisión en los trabajos futuros, no solo la composición de la solución enzimática, sino del estado fisiológico del material vegetal donante, así como de proporcionar unas condiciones adecuadas para la división celular y la regeneración de nuevas plantas.

Bibliografía

- Algarate A, Andreu P, 1999. Factores que afectan al aislamiento y cultivo de protoplastos de *Prunus armeniaca*. Revista Academia de Ciencias. Zaragoza 54: 47-62.
- Andreu P, Marin JA, 2005. In vitro culture establishment and multiplication of the *Prunus* rootstock Adesoto 101 (P. insitita) as affected by the type of propagation of the donor plant and by the culture medium composition. Scientia Horticulturae, 106: 258-267.
- Diekmann M, Hanke V, Huancaruna-Perales E, Schieder O, 1998. Advances in protoplast techniques for Malus and Prunus. Acta Horticulturae 484: 571-576
- Farre A, Andreu P, 1997. Variabilidad en la obtención de protoplastos de Adafuel, (Híbrido de melocotonero x almendro). II Congr. Iber. Cienc. Hortic. Vilamoura Libro Resúmenes pag. 116.
- Ferreira H, Peixe A, Druart P, Kondakova V, Potes A, 2001. Isolamento e cultura de protoplastos do mesófilo da folha em ameixeira europeia (*Prunus domestica*) cv Rainha claudia verde. Melhoramento 37: 221-26.
- García-Sogo B, Dabauza M, Bordas M, Roig LA, Moreno V, 1991. Cultivo en medio líquido de células derivadas de protoplastos de pepino cv Wisconsin 2843 y regeneración de plantas via embriogénesis somática. Actas de Horticultura 8: 133-147.
- Gilmour M, Davey M, Cocking E, 1989. Induction of somatic hybrid tissues following chemical and electrical fusion of protoplasts from albino cell suspensions of *Medicago sativa* M. borealis. Plant Cell Rep., 8: 29-32
- Henn H, Wingender R, Schnabl H, 1998. Regeneration of fertile interspecific hybrids from protoplast fusions between *Helianthus annuus* L. and wild *Helianthus* species. Plant Cell Rep., 18: 220-224.
- Huancaruna E, Schieder O, 1993. Plant regeneration from leaf protoplasts of apple. Plant Cell, Tissue & Organ Culture, 34: 71-76.
- Langford PJ, Wainright H, 1988. Influence of sucrose concentration on the photosynthetic ability of in vitro grown rose shoots. Acta Horticulturae 227: 305-310.
- Marino G, 1991. Isolation and culture of apricot (*Prunus armeniaca* L.) protoplasts: initial results. Acta Horticulturae 293: 391-294.
- Matsuta N, 1992. Factors affecting protoplast isolation and culture from suspension cells of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). Bull. Fruit Tree Res. Stn. 22: 59-66.
- Matsuta N, Hirabayashi T, Akihama T, Kozaki I, 1986. Callus formation from protoplasts of peach cell suspension culture. Scientia Horticulturae 28: 59-64.
- Mills D, Hammerschlag F, 1994. Isolation of cells and protoplasts from leaves of in vitro propagated peach (*Prunus persica*) plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 36: 99-105.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.
- Ochatt S, 1991. Strategies for plant regeneration from mesophyll protoplasts of the recalcitrant fruit and farmwoodland species *Prunus avium* L. (sweet wild cherry), Rosaceae. Physiologia Plantarum 82 (1):88.

- Ochatt S, 1993. Woody plant protoplasts technology revisited. *Acta Horticulturae* 336: 285-295.
- Ochatt S, 1994. Tecnología de protoplastos: Una nueva herramienta para la mejora genética de las especies leñosas. *Itea* 15: 157-174.
- Ochatt S, Patat-Ochatt E, 1995. Protoplast technology for the breeding of top-fruit trees (*Prunus*, *Pyrus*, *Malus*, *Rubus*) and woody ornamentals. *Euphytica* 85: 287-294.
- Ochatt S, Power J, 1991. Plant regeneration from cultured protoplasts of higher plants. *Comprehensive Biotechnology*, Suppl 2 Cap 7: 99-127. Eds Moo-Young, Warren and Fowler. Pergamon Press.
- Olivares-Fuster O, Duran-Vila N, Navarro L, 2005. Electrochemical protoplast fusion in citrus *Plant Cell Reports* 24 (2) 112-119
- Oliveira M, Pais S, 1991. Plant regeneration from protoplasts of long-term callus cultures of *Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayword (kiwifruit). *Plant Cell Reports* 9: 643-649.
- Ortín-Párraga F, Burgos L, 2003. Isolation and culture of mesophyll protoplast from apricot. *Jour. Hort. Sci. & Biotech.* 78 (5): 624-628
- Pascual L, Marin J, 2005. A liquid 2,4-D pulse increased shoot and root regeneration from leaf explants of adult *Prunus* rootstocks. *Scientia Horticulturae* 106 (4): 582-592
- Power JB, Davey MR, 1990. Protoplasts of higher and lower plants: isolation, culture and fusion. 237-259. *Methods in Molecular Biology*, 6. Plant Cell and Tissue Culture. New Jersey. Ed Pollard and Walker. Humana Press.
- Quoirin M, Lepoivre P, 1977. Étude de milieux adaptés aux cultures in vitro de *Prunus*. *Acta Horticulturae* 78: 437-442.
- Raquel MH, Oliveira MM, 1996. Kiwifruit leaf protoplasts competent for plant regeneration and Direct Dna Transfer. *Plant Science* 121 (1): 107-114.
- Teasdale R, Rugini E, 1983. Preparation of viable protoplasts from suspension-cultured loblolly pine (*Pinus taeda*) cells and subsequent regeneration to callus. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 2: 253-261
- Utra Vaz FB, Santos AVP, Manders G, Cocking EC, Davey MR, Power JB, 1993. Plant regeneration from leaf mesophyll protoplasts of the tropical woody plant, passionfruit (*Passiflora edulis* fv *flavicarpa* Degener.): the importance of the antibiotic cefotaxime in the culture medium. *Plant Cell Reports* 12: 220-225.
- Widholm JM, 1972. The use of fluorescein diacetate and phenosafranine for determining viability of cultured plant cells. *Stain Technology* 47: 189-194.
- Witjaksono R, Litz E, Grosser J, 1998. Isolation, culture and regeneration of avocado (*Persea americana* Mill.) protoplasts. *Plant Cell Rep.*, 18: 235-242.

(Aceptado para publicación el 10 de junio de 2008)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2008
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. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

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 al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2008. 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) Director Gerente del CITA (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
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 2007-08-09

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	24 Sep. 07/29 Mayo 08	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/INIA/IAMZ
	MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN GENÓMICA DE PLANTAS	18-29 Feb. 08	Zaragoza	IAMZ/Generation Challenge Program
	TENDENCIAS ACTUALES EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	31 Mar./4 Abr. 08	Zaragoza	IAMZ/ICARDA/FERT
	CULTIVOS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES EN EL MEDITERRÁNEO	5-9 Mayo 08	Zaragoza	IAMZ
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	29 Sep. 08/5 Jun. 09	Zaragoza	IAMZ/UdL
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	24-28 Nov. 08	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/MAPFRE
PRODUCCIÓN ANIMAL	*NUTRICIÓN ANIMAL	1 Oct. 07/6 Jun. 08	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA
	*MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	1 Oct. 07/6 Jun. 08	Valencia/Barcelona	UPV/UAB/IAMZ/IVIA/INIA/IRTA
	MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN GENÓMICA ANIMAL	15-19 Sep. 08	Zaragoza	IAMZ
	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN PROSPECTIVA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE RUMIANTES	23-27 Feb. 09	Zaragoza	IAMZ
	CONTROL Y ERRADICACIÓN DE ENFERMEDADES ANIMALES REPRESENTATIVAS EN EL MEDITERRÁNEO	30 Mar./3 Abr. 09	Zaragoza	IAMZ/OIE
	PRODUCCIÓN ANIMAL Y GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	25-29 Mayo 09	Zaragoza	IAMZ

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

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 08-09; 10-11; 12-13 - OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 07-08; 09-10; 11-12 - NUTRICIÓN ANIMAL: 07-08; 09-10; 11-12 - MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 07-08; 09-10; 11-12 | <ul style="list-style-type: none"> - PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 08-09; 10-11; 12-13 - MARKETING AGROALIMENTARIO: 07-08; 09-10; 11-12 - ACUICULTURA: 08-09; 10-11; 12-13 - ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA: 08-09; 10-11; 12-13 |
|--|---|

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades 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, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente, Acuicultura y Economía y gestión de la actividad pesquera finaliza el 2 de Mayo 2008. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnica finaliza el 15 de Abril 2009. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción y Marketing agroalimentario finaliza el 2 de Mayo 2009.

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.

No obstante, en algunos cursos coorganizados con otras instituciones pueden existir becas destinadas a candidatos de algunos países no miembros del CIHEAM. Se recomienda consultar el correspondiente apartado de becas en el folleto informativo que se edita específicamente para cada uno de los cursos programados.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PLANES DE GESTIÓN DE SEQUÍA: ORGANIZACIÓN, METODOLOGÍA Y ACTUACIONES	4-8 Feb. 08	Zaragoza	IAMZ/ICARDA/ FAO/ MEDROPLAN- MEDA Water
	INDICADORES AGROAMBIENTALES Y DE DESARROLLO COMO HERRAMIENTAS DE APOYO A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL MEDIO RURAL	14-18 Abr. 08	Zaragoza	IAMZ
	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE RÍOS MEDITERRÁNEOS	9-14 Jun. 08	Zaragoza	IAMZ
	*PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	29 Sep. 08/5 Jun. 09	Zaragoza	IAMZ/UdL
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS AMBIENTALES	2-13 Feb. 09	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	1 Oct. 07/6 Jun. 08	Zaragoza	IAMZ
	MARKETING DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN FRESCO	20-24 Oct. 08	Zaragoza	IAMZ
	DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	4-8 Mayo 09	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y AGRICULTURA	MARKETING DE PRODUCTOS DEL MAR: TENDENCIAS Y RETOS	12-16 Nov. 07	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MAPA-FROM
	ORGANIZACIÓN DE SISTEMAS DE ESTADÍSTICAS PESQUERAS	14-18 Ene. 08	Zaragoza	IAMZ/AECI
	SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	10-14 Mar. 08	Tarragona	IAMZ/IRTA
	NUTRICIÓN DE PECES: SOSTENIBILIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS	19-23 Mayo 08	Zaragoza	IAMZ
	*ACUICULTURA	1 Oct. 08/30 Abr. 09	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	*ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA	6 Oct. 08/30 Abr. 09	Barcelona	UB/MAPA/IAMZ
	REPOBLACIÓN Y POTENCIACIÓN DE STOCKS DE PESCA	15-19 Dic. 08	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DEL PESCADO BASADA EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS	12-16 Ene. 09	Zaragoza	IAMZ/FAO
	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE STOCKS DE PESCA	16-20 Mar. 09	Zaragoza	IAMZ/CGPM
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	8-19 Jun. 09	Zaragoza	IAMZ/AECI

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

Avenida de Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España)
Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org
www.iamz.ciheam.org

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA Avda. Montañana 930. 50059 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 36 €

FORMA DE PAGO:

<input type="checkbox"/> Cargo a cuenta corriente o libreta	<input type="checkbox"/> Cargo a tarjeta
<input type="checkbox"/> Cheque bancario	<input type="checkbox"/> VISA
Tarjeta número: □□□□□□□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> 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:

