

Sumario

Producción Animal

Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros

Effect of the addition of antioxidants to finishing diets of young bulls on meat quality

P. Albertí, G. Ripoll, I. Casasús, M. Blanco, J.L.G. Chapullé, J. Santamaría 91

Estudio de la relación entre miembros y aplomos y los caracteres productivos en vacuno lechero

Study of relationships between feet and legs and productive traits in dairy cattle

M.A. Pérez-Cabal, C. García, O. González-Recio, R. Alenda 101

La raza Assaf española en la provincia de León. Situación actual de la raza

The spanish assaf sheep breed in the province of Leon

M.A. Jiménez, M. Serrano, J.J. Jurado 117

Producción Vegetal

Utilización de tubos invernaderos, mulch plástico y polímeros en el establecimiento de encina y acebuche en el semiárido almeriense

R.M.^a Navarro, J. Moreno, M.Á. Parra, J.R. Guzmán 129

Efecto de distintos tipos de fertilizantes sobre la evolución de nutrientes en el suelo y en la producción de cereales en secano

Effect of different types of fertilizer on soil nutrient evolution and cereal yield in rainfed

G. Pardo, J. Aibar, F. Villa, C. Zaragoza 145

Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros

P. Albertí*, G. Ripoll*, I. Casasús*, M. Blanco*, J.L.G. Chapullé**, J. Santamaría***

*Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. Apdo. 727. 50080 Zaragoza, palberti@aragon.es

**Sociedad Cooperativa Limitada Agropecuaria del Sobrarbe, 22330 Ainsa.

***DSM Nutritional Products. C/ Honduras, par. 26 Políg. El Descubrimiento. 28806 Alcalá de Henares.

Resumen

Veinticuatro terneros cruzados (Charolés x Parda de Montaña) distribuidos en cuatro lotes recibieron una ración de acabado durante los 65 días previos al sacrificio. Al lote testigo (T) se le suministró un pienso de 1,04 UF, 150 g proteína bruta y 44 UI de vitamina E por kg. Los otros lotes recibieron el mismo pienso con una suplementación por kilogramo de pienso de 280 mg de flavonoides y antioxidantes (lote F), 200 mg de vitamina E (lote VE), y el cuarto lote una suplementación de 200 mg de vitamina E más 280 mg de flavonoides y antioxidantes (lote VE-F). El consumo medio diario de vitamina E por ternero en los cuatro lotes fue 402 UI (T), 369 UI (F), 2016 UI (VE) y 2123 UI (VE-F) respectivamente.

No se hallaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros productivos tales como ganancia media diaria de peso, rendimiento canal, peso canal, conformación o engrasamiento de la canal. Los valores de pH último, capacidad de retención de agua, textura o color de la grasa subcutánea no dieron diferencias significativas entre lotes debidas a la suplementación, siendo todos ellos valores esperables en carne de bovino. Sin embargo, el efecto antioxidante de la vitamina E y los flavonoides se evidenció sobre el color de la carne, estabilizando los índices de rojo y amarillo del músculo e inhibiendo el aumento de Tono sufrido por el lote testigo a partir de los once días del fileteado.

Palabras clave: calidad de carne, vida útil, estabilidad del color, vitamina E, flavonoides

Summary

Effect of the addition of antioxidants to finishing diets of young bulls on meat quality

Twenty-four cross bull calves (Charolaise x Parda de Montaña) distributed in four lots received a finishing ration during the 65 days previous to slaughter. The control lot (T) received a concentrate with 1,04 FU, 150 g CP and 44 IU vitamin E per kg. The other lots received the same concentrate with a supplementation per kilogram of concentrate of 280 mg of flavonoids (lot F), 200 mg of vitamin E (lot VE), and the fourth lot a supplementation of 200 mg of vitamin E and in addition 280 mg of flavonoids and antioxidants (lot VE-F). The mean daily consumption of vitamin E by animal in the four lots was 402 IU (T), 369 IU (F), 2016 IU (VE) and 2123 IU (VE-F) respectively. There were no significant differences in any of the productive parameters such as average daily gain, dressing percentage, carcass weight or carcass classification. No significant differences were found between lots due to supplementation on ultimate pH value, water holding capacity, meat texture or subcutaneous fat colour, being all of them in the expected normal range of values. Nevertheless, the anti oxidative effect of vitamin E and flavonoids was evidenced in meat colour, improving the red and yellow index stability and inhibiting the Hue angle increase that took place on thread meat after eleven days in the control lot.

Key words: beef quality, shelf life, colour stability, vitamin E, flavonoids

Introducción

El músculo es un tejido susceptible de reacciones oxidativas, ya que contiene pro-oxidantes tales como proteínas hemínicas (mioglobina, hemoglobina) que actuarían sobre los lípidos de las membranas celulares. Cuando el músculo es expuesto al aire, el color cambia de púrpura (mioglobina reducida) a rojo (oximioglobina) (O'Keefe y Hood, 1982). Durante el procesado de la carne, la oxidación de la grasa se ve potenciada ya que entonces las estructuras se rompen, mezclándose las membranas celulares con los prooxidantes endógenos en presencia de oxígeno. Estos procesos oxidativos podrían contribuir a la pérdida de integridad de la membrana de las células musculares, aumentando la pérdida de jugo de la carne (Mitsumoto *et al.*, 1995).

La vida útil de producto hace referencia al periodo de tiempo en que la carne, mantenida a baja temperatura, presenta una apariencia y color agradables, debido al estado oxidativo de la mioglobina; y no tiene olor a rancio, causado por la oxidación de la grasa. La vida útil del producto cobra mayor importancia cuanto mayor manipulación y contacto con el oxígeno y los microorganismos ha sufrido. Se suele hablar de vida útil en carne fileteada o picada. Por ello, el envasado al vacío se está imponiendo en las salas de despiece debido a las ventajas que aporta alargando la vida útil de este producto tan perecedero. De igual manera, las mezclas de gases o atmósferas modificadas en carnes fileteadas o picadas, que se presentan en bandejas cubiertas con un film de plástico en los puntos de venta, son un medio adecuado para el mismo fin (Daun *et al.*, 1971).

La suplementación con vitamina E durante la alimentación de los animales, retrasa la formación de metamioglobina en la carne que se está comercializando, y alarga el periodo en que la superficie del músculo no

muestra evidencias de decoloración (Arnold *et al.*, 1992; Arnold *et al.*, 1993a; Mitsumoto *et al.*, 1991; Zerby *et al.*, 1999). Esta mayor estabilidad del color y la mayor resistencia a la oxidación de los depósitos grasos es la base para alargar la vida útil de la carne una vez fileteada y presentada al consumidor a la espera de su elección y compra (Schaefer *et al.*, 1995), aunque la pérdida de agua es también uno de los factores importantes que influyen en el consumidor (Den Hertog-Meischke *et al.*, 1997).

La adición de antioxidantes a la carne fresca en el momento del procesado se ha mostrado menos efectiva, y más cara, que su incorporación en el músculo por medio de su adición en la dieta (Channon y Trout, 2002). El aporte de diversos tipos de antioxidantes o flavonoides en el cebo de terneros puede ayudar a mantener estable en el tiempo el color de la carne, siendo éste un factor determinante para el consumidor en el momento de la compra. Por estos motivos, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un acabado de terneros con una dieta rica en vitamina E, flavonoides o su combinación sobre la estabilidad del color del músculo, la textura instrumental y el color de la grasa subcutánea. La inclusión de un lote experimental que reciba la combinación de ambas sustancias ayudará a la interpretación de los resultados y permitirá conocer si existe un efecto sinérgico entre ellas.

Material y métodos

Veinticuatro terneros cruzados hijos de toros de razas cárnicas (tipo Charolés) con vacas de raza Parda de Montaña fueron distribuidos en cuatro lotes de seis animales. Después de cuatro meses de cebo convencional, se realizó un acabado a pienso y paja *ad libitum* durante un periodo de 65 días.

El lote testigo (lote T) se alimentó con un concentrado de formulación comercial (1,04 UF carne y 15 % PB/kg MS), en el que los ingredientes aportaban 16 mg de vitamina E/kg y el corrector mineral-vitamínico aportaba una suplementación de 25 mg de vitamina E/kg pienso. Un segundo lote (lote F) tuvo un aporte de 2 kg de Fitopep-2 (Vetfito, Barcelona; ver composición en anexo 1) por tonelada de pienso concentrado. Este producto se compone de flavonoides y antioxidantes de origen vegetal. Como la riqueza en flavonoides y antioxidantes de este producto es del 14 %, la dosis de flavonoides y sustancias antioxidantes aportados fue de 280 mg/kg de concentrado. El tercer lote tuvo un aporte extra de vitamina E (200 mg/kg concentrado) (lote VE) respecto al lote testigo. Al cuarto lote se le aportó un conjugado de vitamina E, flavonoides y antioxidantes (lote VE-F) en las mismas proporciones que en los lotes VE y F.

Para el cálculo del aporte diario de vitamina E por ternero, se ha tenido en cuenta que la suplementación de vitamina E fue en forma de acetato de dl- α -tocoferol, por lo que 1 mg equivale a 1 UI, mientras que cuando el aporte de vitamina E es de forma natural (dl- α -tocoferol) debido a las materias primas del concentrado, su equivalencia es 1,49 UI.

Los animales se sacrificaron a un peso vivo medio de $510 \pm 43,3$ kg y una edad media de $290 \pm 26,7$ días. Las canales estuvieron 24 horas en las cámaras de refrigeración. En este momento, se midió el color de la grasa subcutánea en la zona lumbar de la media canal izquierda a la altura de la 13ª costilla con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d valorando la claridad o luminosidad (L^*) el índice de rojo (a^*) y el índice de amarillo (b^*), a partir de los cuales se calcularon la Saturación (C^*) y el Tono (H^*) (Albertí, 2000). Asimismo, se cortaron de la quinta a la séptima costilla torácica para la extracción del *longissimus thoracis* que fue seccio-

nado en filetes para los distintos análisis instrumentales.

El pH último (24h) de la carne se midió en un filete de *longissimus thoracis* utilizando un pHmetro Crison. El cálculo de las pérdidas por goteo se realizó en un filete de 1,5 cm de grosor del *longissimus thoracis* envuelto en una malla plástica, dentro de una bolsa de plástico y suspendido durante 24 h mantenido a 4 °C en frigorífico, siguiendo las recomendaciones de Honikel (1998). A nivel de la 6ª costilla se cortaron dos filetes del músculo *longissimus thoracis* de 2,5 cm de espesor que fueron alojados en una bandeja de plástico y cubiertos con un film de plástico permeable al oxígeno, permaneciendo en frigorífico a 4 °C en oscuridad. En uno de ellos se midieron los parámetros de color en el momento del corte y a los 15 minutos, 4, 24 y 48 horas. En el otro trozo, que se había reservado de la contaminación que se produce al manipularlo durante la medición, se evaluó a los 4, 7, 11 y 14 días.

Para la valoración de la textura de la carne se cortó un filete de 3,5 cm de espesor del músculo *longissimus thoracis* de la 7ª costilla. El filete se envasó al vacío, se maduró durante 8 días y se coció en un baño de agua durante 45 minutos, hasta que la temperatura interna del filete alcanzó los 65/70º centígrados. Del filete se seccionaron, siguiendo la orientación de las fibras musculares, un mínimo de 12 tacos en forma de prisma de 1x1x3 cm. Cada taco fue cortado perpendicularmente por la célula Warner-Bratzler en un equipo Instron modelo 5543 midiendo la carga (kg) y la dureza (kg/cm²).

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (2001). Se realizó un análisis de varianza empleando el procedimiento GLM para la comparación de las medias de las variables con la dieta como efecto fijo y a un nivel de significación de $P < 0,01$. En el estudio detallado de la evolu-

ción del tono (H*) del músculo se utilizó el procedimiento MIXED de medidas repetidas cuyo modelo incluía como efectos la Dieta, el Tiempo de medición y su interacción Dieta por Tiempo, utilizando como covariable el tono del músculo en el momento del corte (0h). En función del estadístico AICC (criterio corregido de información de Akaike) se eligió como estructura de covarianza la opción Toeplitz heterogéneo.

Resultados y discusión

El aporte diario de vitamina E por ternero según la ingestión de pienso fue de 402 UI (T), 369 UI (F), 2016 UI (VE) y 2123 UI (VE-F). Además los lotes suplementados con flavonoides recibieron 2,1 g (F) y 2,4 g (VE-F) de flavonoides y sustancias con efectos antioxidantes.

La ganancia media diaria de peso por lote de los terneros durante los 65 días del periodo de acabado varió entre 1,26 kg/d y 1,36 kg/d no hallándose diferencias significativas ($P>0,05$) debidas a la dieta. La ganancia de peso para este tipo de animales puede alcanzar el máximo en etapas anteriores del periodo de cebo (1,8 kg/d) y tiende a disminuir al final en los periodos de acabado tal como ha ocurrido en este caso. La media de edad por lote estuvo entre 11 y 12 meses y el peso al sacrificio, varió entre 491 kg y 529

kg no hallándose diferencias significativas entre lotes ($p>0,05$). Asimismo, tampoco se encontraron diferencias significativas en el rendimiento canal entre los cuatro lotes, que estuvo comprendido entre el 60,4% y el 61,7%. Estos rendimientos fueron ligeramente superiores a los obtenidos con terneros de raza Parda con un peso canal de 281 kg (categoría comercial Añejo) o 332 kg (Añejo pesado) y rendimientos de 59,7% y 60,2% respectivamente (Albertí et al., 2001b), lo cual confirma que el cruzamiento con toros cárnicos mejora el rendimiento.

También en las notas de clasificación de la canal se hizo notar el cruce ya que su conformación valorada como una U de la escala SEUROP fue superior a la R que suele presentar la raza Parda de Montaña sacrificada a estos pesos (Albertí et al., 2001a). Asimismo, el engrasamiento de 2 puntos sobre los 5 de la escala se ajustó a lo esperado para animales de estas características y cebados con pienso.

En la tabla 1 se detallan el peso canal y los valores instrumentales de calidad de la carne. El peso canal osciló en torno a 310 kg correspondiendo a la categoría comercial Añejo. No se hallaron diferencias significativas ($P>0,05$) en la media de peso canal entre lotes.

Los valores de pH último próximos a 5,5 que tuvieron las carnes corresponden a animales

Tabla 1. Peso canal caliente y medidas instrumentales de calidad de carne
Table 1. Hot carcass weight and instrumental measures of meat quality

Tratamiento	T	F	VE	VE-F	e.e.	Sig.
Peso canal caliente, kg	315,0	310,4	321,1	298,0	14,21	ns
CRA, % pérdidas	1,12	0,89	0,82	0,81	0,105	ns
pH _u	5,58	5,55	5,54	5,60	0,042	ns
Carga máxima, kg	6,9	5,3	7,2	6,9	0,51	ns
Dureza máx, kg/cm ²	2,2	1,9	2,3	2,1	0,14	ns

e.e.= error estándar, ns = no significativo.

normales que no han sufrido estrés previo al sacrificio. Los valores altos de pH tienen consecuencias en la calidad de la carne ya que alteran muchas de sus características, como el color del músculo y las características sensoriales entre otras, tal como se puso de manifiesto por Albertí *et al.* (1995) en terneros de raza Parda y Pirenaica.

La variación en capacidad de retención de agua del músculo influye en la jugosidad que se siente al consumir la carne (Albertí *et al.*, 1995). Los resultados indican que aunque no fueron significativas ($P>0,05$) las diferencias en pérdidas de líquido, parece que la carne de los terneros que recibieron una suplementación de vitamina E o flavonoides tendió a perder una menor cantidad de líquido y por lo tanto tendría una mayor capacidad de retención de agua y sería más jugosa para el consumidor. Esta tendencia concuerda con los resultados de Mitsumoto *et al.* (1995) que encontraron menores pérdidas de agua en carne de terneros alimentados con dietas ricas en vitamina E que en carne del lote control. Zerby *et al.* (1999) no encontraron diferencias significativas en las pérdidas de agua de la carne envasada al vacío proveniente de animales suplementados con 500 UI/día durante 100 días. Sin embargo, a veces este efecto debido al uso de dosis elevadas de Vitamina E sobre las pérdidas por goteo no es homogéneo en toda la carne sino que depende del músculo

lo estudiado (Den Hertog-Meischke *et al.*, 1997).

En cuanto a la textura de la carne (tabla 1) no se hallaron diferencias en carga o dureza ($P>0,05$) entre los lotes debido a las dietas. Los valores de carga (de 5,3 kg a 7,2 kg) y dureza (de 1,9 kg/cm² a 2,3 kg/cm²) de este trabajo fueron un poco superiores a los obtenidos con terneros de razas españolas cebados con pienso y sacrificados a 470 kg (Campo *et al.*, 2000) o a 550 kg (MACIE, 2002). Asimismo, Monson *et al.* (2004) obtuvieron valores de 6,66 kg y 2,61 kg/cm² para la carga máxima y la dureza en carne madurada durante siete días de añojos pesados de raza Parda Alpina. Aunque no se hallaron diferencias en textura, los valores del lote B tendieron a ser menores a los demás lotes. No obstante, todos estos valores de textura están dentro del rango esperado para carnes con buena terneza sensorial.

En la tabla 2 se detallan los valores de la medición del color de la grasa subcutánea. Tal como puede apreciarse, las diferencias entre lotes no fueron significativas ($P>0,05$) en ninguno de los parámetros analizados. Esta grasa presentó bajo índice de rojo y saturación y alto tono y luminosidad, resultando una grasa más blanca que la encontrada por Albertí *et al.* (2003) en terneros cebados con pienso con niveles normales de vitamina E, cuya luminosidad tuvo valores próximos a 71,5.

Tabla 2. Color de la grasa subcutánea en la región dorso-lumbar a las 24 horas del sacrificio
Table 2. Subcutaneous fat colour of the dorso-lumbar area at 24 hours of slaughter

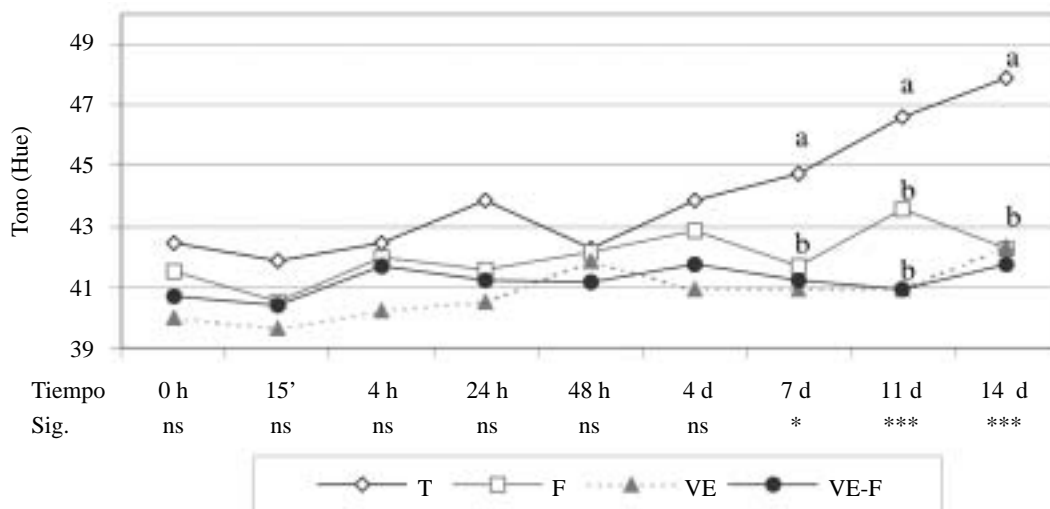
Tratamiento	T	F	VE	VE-F	e.e.	Sig.
L*	76,81	73,93	75,62	75,62	0,995	ns
a*	0,54	0,87	1,71	1,37	0,520	ns
b*	8,18	8,55	9,83	8,49	0,632	ns
Saturación (C*)	8,26	8,65	9,99	8,69	0,562	ns
Tono (H*)	84,35	84,31	82,67	83,22	3,138	ns

e.e.= error estándar, **= $p<0,01$; ns = no significativo.

En la figura 1 se representa la evolución del color del músculo, con los valores de tono para cada tratamiento y la significación del procedimiento MIXED para cada momento en el tiempo. En esta figura se observa que a las 48 horas del corte del músculo las diferencias entre lotes/dietas fueron mínimas en el valor de tono y a partir de ese momento en el lote testigo, que no había recibido la suplementación de vitamina E, el valor de tono empezó a aumentar progresivamente y a diferenciarse de los otros lotes suplementados. Esta tendencia se volvió significativa a los 11 y 14 días, de forma que mientras los restantes tratamientos mantuvieron estable su color, el lote testigo siguió evolucionando hacia un tono menos rojo y posiblemente empezando la decoloración del músculo. Esta variación está relacionada con la evolución del índice de rojo, que en el lote testigo disminuyó más rápidamente

y llegó a valores inferiores a los del índice de amarillo (tabla 3), tal como se aprecia al comparar los valores a 48 horas y 14 días. Mientras que en los otros lotes su evolución fue más estable y el índice de rojo en ningún caso fue menor al de amarillo en la lectura de ese momento. Estos resultados coinciden con los del trabajo de Liu *et al.* (1996) en que concluían que los aportes de vitamina E retrasaban la caída del índice de rojo y retrasaban la subida del tono, además recomendaban la utilización de la variable tono por ser completa, objetiva y precisa para valorar la duración del color óptimo de la carne.

Liu *et al.* (1995) hallaron que los factores que influyen para prolongar el tiempo en que la carne presenta un color óptimo son la dosis y la duración de la suplementación con vitamina E, el tipo de músculo y el periodo de maduración o exposición al oxígeno de la



** = $p < 0,01$; ns = no significativo.

Figura 1. Evolución del tono (H^*) del músculo longissimus thoracis desde el momento del corte (0h) hasta los 14 días y probabilidad en cada punto del efecto Dieta*Tiempo.

Figure 1. Muscle longissimus thoracis hue (H^*) variation from cutting (0h) to 14 days and probability in each point of the Diet*Time effect.

Tabla 3. Color del músculo longissimus thoracis de la 6ª costilla a las 24 horas y 14 días del corte
 Table 3. Muscle longissimus thoracis colour of 6th rib at 24 hours and 14 days from cutting time

Tratamiento	T	F	VE	VE-F	e.e.	Sig.
Músculo a las 48 horas del corte						
L*	41,76	39,93	40,81	39,47	0,925	ns
a*	17,96	17,51	19,23	18,12	0,751	ns
b*	16,14	15,88	17,22	15,85	0,423	ns
Saturación (C*)	24,20	23,65	25,83	24,09	0,709	ns
Tono (H*)	42,26	42,17	41,87	41,17	1,145	ns
Músculo a los 14 días del corte						
L*	39,68	39,69	38,86	38,62	0,983	ns
a*	12,77 ^b	15,78 ^{ab}	15,58 ^{ab}	16,56 ^a	0,723	**
b*	14,07	14,25	14,14	14,81	0,438	ns
Saturación (C*)	19,02	21,30	21,05	22,22	0,746	ns
Tono (H*)	47,89 ^a	42,30 ^b	42,33 ^b	41,76 ^b	1,085	**

e.e.= error estándar, ** =p<0,01; ns = no significativo.

carne. El lomo se caracteriza por ser un músculo que presenta una estabilidad del color alta ya que según Chan *et al.* (1996) la estabilidad del color del músculo *longissimus dorsi* es mayor que la del m. *gluteus medius* (cadera) y la de éste mayor que la del m. *psoas major* (solomillo). La dosis de vitamina E y el periodo de suplementación utilizados para alargar el tiempo que la carne presenta su color óptimo varían ampliamente en la bibliografía existente. Arnold *et al.* (1993a) recomiendan la suplementación de 1300 UI/d de vitamina E durante un mínimo de 44 días para lograr un nivel de reservas en el ternero suficiente para alargar la vida útil de la carne con relación al aumento de la estabilidad del color del músculo y la oxidación de los lípidos, mientras que Liu *et al.* (1995) cifraron un aporte mínimo de 500 UI por ternero al día de vitamina E durante 126 días para alargar la vida útil del producto retrasando el enranciamiento de las grasas (Liu *et al.*, 1996). Asimismo, Chan *et al.* (1996) lograron retrasar la oxidación de la oximoglobina con una suplementación de 1204 UI de vitamina E por ternero durante 122 días.

En este trabajo, el suministro de 2016 UI/d (lote VE) y 2123 UI/d (lote VE-F) durante 65 días representa una dosis alta y un periodo corto con relación a los datos de la bibliografía consultada. Por otro lado, si comparamos el aporte total de vitamina E durante todo el periodo con los datos de la bibliografía citada vemos que los terneros de lotes que recibieron el aporte de vitamina E consumieron una cantidad intermedia (131.000 a 138.000 UI) parecida a la que recibieron los terneros citados por Chan *et al.* (1996) que fue 147.000 UI mientras que los animales experimentales de Liu *et al.* (1995) y Arnold *et al.* (1993a) recibieron unas 60.000 UI y los terneros del trabajo de Yang *et al.* (2002) consumieron 330.000 UI. Se evidencia que no hay que suministrar dosis muy elevadas para obtener respuesta en la coloración del músculo. Sin embargo, parece que si se quiere que la carne expuesta presente un color estable a lo largo de un periodo prolongado las dosis altas son más apropiadas (Arnold *et al.*, 1993b).

Los flavonoides utilizados en esta prueba se han comportado con similar eficacia en la

estabilización del color de la carne que la obtenida con la suplementación con vitamina E, lo cual sugiere la posibilidad de su uso como aditivo de efectos beneficiosos para alargar la vida útil de la carne. Sin embargo, el efecto positivo de los antioxidantes naturales en la estabilidad del color depende de los componentes activos. Así Sánchez-Escalante *et al.* (2001) concluyeron que el romero y su asociación al ácido ascórbico fueron efectivos en la estabilización del color de la carne inhibiendo su oxidación, mientras que el efecto hallado fue menor al utilizar ácido ascórbico y su asociación con taurina o carnosina. La estabilidad del color de la carne encontrada utilizando la mezcla de flavonoides y antioxidantes en nuestro trabajo se

debería a la presencia, entre otros, de ácido ascórbico y extractos del romero. Por otra parte, la combinación de vitamina E con flavonoides, considerando el valor del tono, no ha tenido una respuesta sinérgica o distinta a la de los compuestos por separado, si bien cabe destacar que el valor de a^* (índice de rojo) tendió a ser más alto a los 14 días que en los otros tratamientos.

Dado que desde la perspectiva comercial los periodos de exposición de carne a la venta no parece que tengan que ser superiores a 7 días, no sería necesaria unas dosis de vitamina E y/o flavonoides tan elevadas, y dosis como las empleadas en este trabajo o quizás menores serían suficientes para asegurar la estabilidad del color durante la exposición.

Anexo 1. Composición de FitoPEP-2
Annex 1. Composition of FitoPEP-2

Flavonoides y Antioxidantes	ppm
Ac. Ascórbico	630
Beta Caroteno	330
Ac. Caféico 1,3 x Vit. E 1/3 quercetina IC57=30 ppm	801
Canfeno	1248
Carvacrol	1012
Carnosol	2250
Eugenol	4
Derivados de Glycyrrhiza	55000
Histidina	550
Ac. Ferúlico 1/3 quercetina 3000 uM IC51=200 ppm	50
Limoneno	1100
Mirceno	1080
Ac. Oleanólico	1050
Ac. Palmítico	3150
Polifenoles IC50=1,44 ug/ml	17500
Ac. P-Cumárico	55
Ac. Rosmarínico EC50=2,7 ug/ml	11850
Rutina IC28=30 ppm IC50=120 uM	25
Taninos	16750
Timol	2400
Ac. Ursólico IC50=10 uM (Romero)	10950
Terpinen-4-ol	9279
Transanetol	5250
TOTAL	142313

Conclusiones

El aporte en dietas de cebo de terneros de una suplementación de 2000 UI de vitamina E o de la mezcla de flavonoides y antioxidantes naturales empleados en este experimento evidenció su efecto antioxidante sobre el color de la carne, estabilizando los índices de rojo y amarillo del músculo e inhibiendo el aumento de Tono sufrido por el lote testigo a partir de los once días del fileteado. Aunque no influyó en el color de la grasa subcutánea, en las pérdidas por goteo ni en la textura instrumental de su carne.

En términos comerciales, este efecto estabilizador tiene una importancia relativa, ya que periodos de conservación de más de siete días no son habituales para una carne fileteada.

Agradecimientos

Estudio financiado por el proyecto INTERREG IIIA Cooperación Transfronteriza España-Francia "Desarrollo de Intercambios y Transferencia de Tecnología en el Ganado Bovino".

Bibliografía

- Albertí P, 2000. Medición del color, pp. 159-166. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Monografías INIA: Ganadera nº1 255 pp. MICYT-INIA Madrid, España.
- Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, 1995. El cebo de terneros con pienso. *BOVIS*, 63, 43-51.
- Albertí P, Lahoz F, Tena R, Jaime S, Sañudo C, Olleta JL, Campo MM, Panea B, Pardos JJ, 2001a. Producción y rendimiento carnicero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos. *Informaciones Técnicas* 101: 16 pp. Ed. Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón.
- Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Panea B, Lahoz F, 2001b. Efecto del peso de sacrificio en el rendimiento cárnico de terneros de siete razas bovinas españolas. *ITEA* vol. Extra, 22, 511-513.
- Albertí P, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Panea B, Lahoz F, 2003. Color del músculo y de la grasa subcutánea de canales bovinas de siete razas faenadas a tres pesos diferentes. *ITEA* vol. Extra, 24, 73-75.
- Arnold RN, Scheller KK, Arp SC, Williams SN, Schaefer DM, 1992. Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *J. Anim. Sci.*, 70, 3055-3065.
- Arnold RN, Arp SC, Scheller KK, Williams SN, Schaefer DM, 1993a. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Anim. Sci.*, 71, 105-118.
- Arnold RN, Scheller KK, Arp SC, Williams SN, Schaefer DM, 1993b. Dietary α -tocopheryl acetate enhances beef quality in Holstein and beef breeds steers. *J. Food Sci.*, 58, 28-33.
- Campo MM, Santolaria P, Sañudo C, Lepetit J, Olleta JL, Panea B, Albertí P, 2000. Assessment of breed type and aging time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.*, 55, 371-378.
- Chan WKM, Hakkarainen K, Faustman C, Schaefer DM, Scheller KK, Liu Q, 1996. Dietary vitamin E effect on color stability and sensory assessment of spoilage in three beef muscles. *Meat Sci.*, 42, 387-399.
- Channon HA, y Trout GR, 2002. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Sci.*, 62, 9-17.
- Daun HK, Solberg M, Franke W, Gilbert S, 1971. Effect of oxygen-enriched atmospheres on storage quality of packaged fresh meat. *J. Food Sci.*, 36, 1011-1014.

- Den Hertog-Meischke MJA, Smulders FJM, Houben JH, Eikelenbom G, 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on drip loss of bovine *longissimus lumborum*, *psaos major* and *semitendinosus* muscles. *Meat Sci.*, 45, 153-160.
- Honikel KO, 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 49, 447-457.
- Liu Q, Lanari MC, Schaefer DM, 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J. Anim. Sci.*, 73, 3131-3140.
- Liu Q, Scheller KK, Arp SC, Schaefer DM, Frigg M, 1996. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on color stability. *J. Anim. Sci.*, 74, 106-116.
- Macie ESA, 2002. Tesis Doctoral "Influencia de la razas y del peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne bovina a lo largo de la maduración". Universidad de Zaragoza, 289 pp.
- Mitsumoto M, Cassens RG, Schaefer DM, Arnold RG, Scheller KK, 1991. Improvement of color and lipid stability in beef *longissimus* with dietary vitamin E and vitamin C drip treatment. *J. Food. Sci.*, 56, 1489-1492.
- Mitsumoto M, Arnold RG, Schaefer DM, Cassens RG, 1995. Dietary vitamin E supplementation shifted weight loss from drip to cooking loss in fresh beef *longissimus* during display. *J. Anim. Sci.*, 73, 2289-2294.
- Monson F, Sañudo C, Sierra I, 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.*, 68, 595-602.
- O'Keefe M, Hood DE, 1982. Biochemical factors influencing metamyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Sci.*, 7, 209-228.
- Sánchez-Escalante A, Djenane D, Torrescano G, Beltrán JA, Roncalés P, 2001. The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.*, 58, 421-429.
- SAS (2001). SAS user's guide (Release 8.1). Cary, NC: Statistical Analysis System, SAS Institute INC.
- Schaefer DM, Liu Q, Faustman C, Yin M, 1995. Supranutritional administration of vitamins E and C improves oxidative stability of beef. *J. of Nutrition*, 125, 1792S-1798S.
- Yang A, Lanari MC, Brewster M, Tume RK, 2002. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.*, 60, 41-50.
- Zerby HN, Belk KE, Dofos JN, McDowell LR, Smith GC, 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with alpha-tocopheryl acetate. *J. Anim. Sci.*, 77, 2458-2463.
- (Aceptado para publicación el 29 de diciembre de 2004)

Estudio de la relación entre miembros y aplomos y los caracteres productivos en vacuno lechero

M.A. Pérez-Cabal, C. García, O. González-Recio, R. Alenda

Departamento de Producción Animal, E.T.S.I. Agrónomos - Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid
E-mail: ma.perezcabal@upm.es

Resumen

Se ha analizado el sistema de calificación morfológica de los miembros y aplomos, así como sus relaciones fenotípicas y genéticas con la rentabilidad y diversos parámetros productivos. El estudio se ha basado en 62.293 vacas con datos de control lechero, calificación morfológica, control reproductivo y genealogía, de la población frisona de las Comunidades Autónomas del País Vasco y Navarra.

Se obtuvieron diferencias significativas entre los valores medios fenotípicos de rentabilidad corregidos por mínimos cuadrados, producciones y caracteres de longevidad, en función de la calificación de miembros y aplomos. Las vacas mejor calificadas para este carácter tuvieron significativamente mayor rentabilidad (178 € más por vaca y año), produjeron 573 Kg de leche más en primera lactación, permanecieron 307 días más en el rebaño y tuvieron 0,8 lactaciones más, respecto a las peor calificadas. En cambio, para los parámetros de fertilidad no se observó un efecto significativo de la calificación morfológica de las patas.

Sin embargo, los resultados genéticos no justificaron el interés del sector por este carácter. Se obtuvo una heredabilidad baja para los miembros y aplomos (0,14) y las correlaciones genéticas obtenidas con la rentabilidad, la producción, la longevidad y los parámetros de fertilidad, fueron bajas, siendo los valores más altos para el intervalo entre partos (0,12) y la rentabilidad (0,10). Se encontraron relaciones cuadráticas significativas entre los valores genéticos de miembros y aplomos y los de rentabilidad, longevidad funcional, producción total de leche y kilogramos de leche producidos en primera lactación estandarizados a 305 días, aunque los coeficientes de determinación no mejoraron sustancialmente los respectivos modelos lineales. No se encontraron diferencias genéticas, en cuanto a rentabilidad, entre los animales mejor calificados y el resto que expliquen los mejores rendimientos económicos.

Palabras clave: Rentabilidad, locomoción

Summary

Study of relationships between feet and legs and productive traits in dairy cattle

Morphological classification system, phenotypic and genetic relationships between feet and legs, profit and productive traits were studied. Data of 62,293 cows obtained from milking recording system, type classification, and reproductive recording system of dairy cattle from Navarre and Basque autonomous regions of Spain was used.

Significant differences for least square means of profit, production, and longevity were found among feet and legs classes. Best scored cows were 178 € per year more profitable, produced 573 kg. more of milk in first lactation, remained 307 days more in herd, and had 0.8 lactations more than the worst scored animals. However, feet and legs did not have effect on fertility.

Genetic results did not explain the concern of breeders in this trait. Heritability of feet and legs was low (0.14) and also were genetic correlation to profit, milk production, longevity and fertility. Highest

values were found for calving interval (0.12) and profit (0.10). Although coefficients of determination did not substantially improve the correspondent models, significant quadratic relationships were obtained between breeding values of feet and legs and profit, milk production, and functional longevity. However, no genetic differences for profit were found among best scored cows and the rest of animals that explain the best economic performance.

Key words: Profit, locomotion

Introducción

El sector ganadero da importancia a los caracteres relacionados con la locomoción, ya que es la base para sustentar al animal. Si un animal tiene problemas de apoyos le será más difícil moverse, alcanzar el comedero y desplazarse para el ordeño, por lo que será eliminado del rebaño. Esta importancia puede reflejarse en la influencia de los valores genéticos de los caracteres de locomoción, tanto sobre el precio de las dosis de semen, como sobre la demanda de los sementales con buenas valoraciones genéticas en miembros y aplomos.

De hecho, los problemas de locomoción, manifestados como cojeras, suponen el 15% del desecho involuntario de animales en Estados Unidos (National Animal Health Service, 1996). Las características físicas de las patas de una vaca pueden contribuir al desgaste de pezuñas y, por consiguiente, a la aparición de cojeras (Boelling y Pollot, 1998). Las cojeras son un problema importante en el ganado vacuno lechero, tanto por las consideraciones económicas como por las de bienestar animal (Warnick et al., 2001). Las pérdidas económicas se pueden diferenciar en directas e indirectas (Boettcher et al., 1998). Las directas son debidas al coste y al tiempo empleado en tratamientos y prevención, además del desecho involuntario de aquellas vacas que tienen cojera crónica. Las pérdidas indirectas se deben al detrimento de producción de leche y empeoramiento de la fertilidad. La media de las pérdidas por vaca, debido a problemas de locomoción,

excedió las 45 £ por vaca y año en el Reino Unido (Kossaibati et al., 1999; Sattler, 2002).

Sin embargo, los caracteres de locomoción presentan heredabilidades bajas y, aunque están correlacionados genéticamente de forma positiva con la rentabilidad (Pérez-Cabal y Alenda, 2002) debido a su relación con la longevidad (Vollema y Groen, 1997; Pérez-Cabal, 2002), estas correlaciones son bajas. Además, tradicionalmente se ha supuesto que la relación de estos caracteres con la rentabilidad es lineal, pero varios trabajos de investigación demuestran que existen relaciones cuadráticas entre los caracteres de tipo, la rentabilidad y la longevidad a nivel fenotípico (Norman et al., 1996) y entre los valores genéticos (Pérez-Cabal y Alenda, 2002).

Estas discrepancias podrían ser debidas a que el análisis de la calificación morfológica no se estuviera realizando correctamente o a que las vacas mejor calificadas se comportaran de forma distinta por un tratamiento preferencial por parte de los ganaderos. Por ello, y dada la importancia que el sector concede a los caracteres de locomoción en la selección de los animales, este trabajo pretendió, además de actualizar las estimaciones de los parámetros genéticos para el carácter miembros y aplomos (Pérez-Cabal y Alenda, 2002), estudiar las relaciones fenotípicas entre los valores genéticos de miembros y aplomos (MA) y los caracteres de interés económico: rentabilidad por vaca y año, producción, longevidad y fertilidad, así como estudiar sistemas alternativos de análisis de la calificación morfológica del carácter MA.

Material y métodos

Datos

Este trabajo se basó en cuatro fuentes de información sobre la población Frisona en control lechero de las Comunidades Autónomas del País Vasco y Navarra, obtenidos a través de la Asociación de Frisona de Navarra (AFNA) y la Federación Frisona de Euskadi (EFRIFE): El control lechero y la calificación morfológica (desde Enero de 1979 hasta Julio de 2003), el control reproductivo (desde Enero de 1986 hasta Julio de 2003) y la genealogía de todas las vacas con datos. Los datos económicos utilizados para calcular la rentabilidad corresponden a la media de 239 explotaciones del País Vasco en el año 1999, facilitados por las asociaciones territoriales a través de EFRIFE, siendo estos rebaños representativos de todos los del estudio en cuanto a sistema de producción y condiciones de mercado.

El carácter general MA se puntúa conforme a las siguientes categorías: Insuficiente (IN), Regular (R), Buena (B), Más que Buena (BB), Muy Buena (MB) y Excelente (EX). Además, cada una de estas categorías se subdivide en otras tres, siendo la clase 3 mejor que la clase 2 y la clase 2 mejor que la 1. Por lo tanto, son 18 clases en total.

Para calcular la rentabilidad de una vaca, se exigió que como mínimo la vaca hubiera tenido la oportunidad de estar al menos tres años seguidos produciendo y, por lo tanto, que su rebaño hubiera estado en control lechero al menos tres años consecutivos. El cálculo de la rentabilidad vitalicia se llevó a cabo con el mismo procedimiento que Pérez-Cabal (2002), expresándola en euros por vaca y año. Fue definida como la diferencia entre los ingresos y los costes vitalicios expresados por año de vida productiva.

La longevidad funcional (FHL) se obtuvo como la duración de la vida productiva útil

(VPU), calculada como el periodo desde el primer parto hasta el secado de su última lactación, ajustada por los kilogramos de leche, grasa y proteína en primera lactación, mediante una regresión de términos lineales y cuadráticos significativos para los tres caracteres (Pérez-Cabal, 2002).

Análisis fenotípico

Se analizaron los caracteres productivos y de longevidad según la calificación morfológica de MA en base a la información de 62.293 vacas. En cuanto a la fertilidad, el archivo sobre datos reproductivos contó con aproximadamente la mitad de los registros (24.561 vacas) debido a un alto porcentaje de datos faltantes o erróneos. En la tabla 1 se muestran la media y desviación estándar de las variables estudiadas. Las relaciones fenotípicas entre MA y la rentabilidad, los parámetros productivos y los de fertilidad, fueron estimadas por un modelo fijo mediante el procedimiento GLM (SAS, 2001). El modelo incluyó los mismos efectos fijos que se especificaron para las valoraciones genéticas y la calificación morfológica de MA como variable independiente. Los caracteres intervalo entre partos y días secos fueron analizados con y sin covariable de producción de leche estandarizada a 305 días en primera lactación.

Se calcularon las medias fenotípicas ajustadas por mínimos cuadrados en función de las clases de MA. Para estudiar las diferencias entre medias se utilizó el test de Tukey de comparación múltiple de medias, considerando un nivel de significación del 5%.

Análisis genético

Para la estimación de los parámetros genéticos de los caracteres de rentabilidad, de producción, de longevidad, de fertilidad y morfológicos, se utilizaron datos de 62.293 vacas,

Tabla 1. Media y desviación estándar (d.e.) de la calificación morfológica de miembros y aplomos (MA), rentabilidad (RENT), producción en primera lactación (KGL1, KGG1, KGP1) y vitalicia de leche, grasa y proteína (LECHE, GRASA, PROTEÍNA, respectivamente), longevidad funcional (FHL), vida productiva útil (VPU), intervalo entre partos (IPP) y número de inseminaciones (NIA), para la población de vacas estudiadas

Table 1. Means and standard deviation (d.e.) of feet and legs (MA) classification, profit (RENT), 305d standardize milk, fat, and protein production in first lactation (KGL1, KGG1, KGP1), lifetime milk, fat, and protein production (LECHE, GRASA, PROTEINA), functional herd life (FHL), true herd life (VPU), calving interval (IPP), and number of inseminations (NIA), for the studied population

	Media	d.e.
MA	8,27	2,40
RENT (€ por vaca y año)	150,89	414,99
KGL1 (kg)	6.603,14	1.803,88
KGG1 (kg)	247,24	71,34
KGP1 (kg)	206,01	59,62
LECHE (kg)	27.226,02	15.744,47
GRASA (kg)	1.018,49	593,89
PROTEINA (kg)	844,57	484,17
FHL (días)	1.414,65	783,65
VPU (días)	1.328,29	751,85
IPP (días)	407,83	50,03
NIA	1,91	0,97

ya que se exigió que cada registro estuviera dentro de un grupo de comparación de, al menos, tres observaciones y que tuviera datos completos de rentabilidad, producción y tipo. El archivo genealógico estuvo formado por 85.718 animales. Los distintos análisis genéticos se llevaron a cabo mediante el procedimiento de máxima verosimilitud restringida (REML), bajo el algoritmo AG (Gradientes Analíticos), utilizando el software VCE 4.0 (Groeneveld y García Cortés, 1998). Los parámetros genéticos se estimaron realizando análisis bicarácter (por requerimientos computacionales), de manera que siempre uno de los caracteres fuera MA. Los modelos utilizados fueron:

- Para rentabilidad, producción vitalicia de leche, grasa y proteína, número de lactaciones, días secos, días en lactación y porcentaje de días en lactación:

$$y = \mu + RAp + animal + e$$

- Para los caracteres de longevidad (VPU y FHL) y producciones a 305 días en primera lactación de leche, grasa y proteína:

$$y = \mu + RAp + Mp + EPP + animal + e$$

- Para los caracteres de fertilidad (NIA, IPP):

$$y = \mu + RAp + Mp + LAE + animal + e$$

- Para miembros y aplomos:

$$MA = \mu + RVC + LAE + El + animal + e$$

donde: *RAp* corresponde al efecto Rebaño-Año de primer parto (7.263 clases), *Mp* es el efecto Mes de parto (12 clases), *EPP* es el efecto Edad al Primer Parto (4 clases), *LAE* es el efecto Lactación-Edad al parto (3 clases), *RVC* es el efecto Rebaño-Visita-Calificador (7.357 clases), *El* es el efecto Estado de lactación (11 clases), es decir, en qué momento de la lactación se encuentra cuando la califican, y *e* es el error asociado a cada observación.

Las regresiones de los valores genéticos de los demás caracteres a partir de los valores genéticos predichos para MA se estimaron usando el procedimiento GLM (SAS, 2001). En el caso de la rentabilidad, sus valores genéticos se ajustaron por producción (leche, grasa y proteína) estandarizada a 305 días en primera lactación, para eliminar el efecto del nivel productivo.

Ante la posibilidad de que las correlaciones genéticas de MA con la rentabilidad resultaran bajas y fueran significativas las relaciones cuadráticas entre valores genéticos (como ha ocurrido en Pérez-Cabal y Alenda, 2002), se analizó el carácter de locomoción de forma alternativa, como dos diferentes. Se consideraron dos caracteres distintos de MA atendiendo a las dos tendencias diferenciadas encontradas en la relación cuadrática con rentabilidad, de tal forma que cada vaca sólo tuviera dato de uno de los dos caracteres ficticios. Se agruparon los animales de las clases Insuficiente, Regular y Buena en un nuevo carácter denominado MA1, con información de 42.036 vacas, y los de las calificaciones Más que Buena, Muy Buena y Excelente como el carácter MA2, con 20.259 vacas.

Para el estudio del sistema de calificación morfológica de miembros y aplomos se reagruparon las 18 clases actuales de MA en función de las medias corregidas por mínimos cuadrados de rentabilidad obtenidas, de las diferencias entre ellas y buscando grupos equilibrados en cuanto al número de datos.

Comportamiento de las vacas con mejor calificación frente al resto

Para estudiar las posibles diferencias de comportamiento productivo entre las vacas bien calificadas y el resto, los animales se separaron en dos grupos. Uno formado por las 2.527 vacas calificadas Excelentes y Muy Buenas (MAEXMB) y el otro, formado por las 59.766 vacas restantes (MASinEXMB). Se realizaron análisis de los parámetros genéticos y

de las relaciones genéticas entre estos dos grupos de datos y el carácter MA completo.

Resultados y discusión

Medias fenotípicas corregidas por mínimos cuadrados

Calificación de miembros y aplomos

En la tabla 2 se muestran las medias fenotípicas de rentabilidad corregidas por mínimos cuadrados de las 18 clases de MA y las diferencias significativas. Se pueden observar dos tipos de tendencias. Por un lado, las vacas calificadas de Insuficiente a Más que Buenas presentan un incremento moderado de la rentabilidad. En cambio, en las seis calificaciones más altas, las correspondientes a Muy Buenas y Excelentes, existen unos aumentos de la rentabilidad de una clase a la siguiente mucho mayor. Además, existen clases sin diferencias significativas para el carácter rentabilidad en un amplio número de calificaciones. Cabe destacar que sólo 82 animales fueron calificados como Excelentes para el carácter MA, de los cuales 52 pertenecían a la clase EX1, 26 a la EX2 y únicamente cuatro eran EX3. Esto afectó a los resultados de los análisis de las vacas calificadas como Excelentes, y por tanto, los resultados se compararán de aquí en adelante entre las peores (Insuficientes) y las Muy Buenas.

Rentabilidad y producción de leche

Se observó que las vacas con peor morfología locomotora tuvieron como media una rentabilidad negativa (-50 € por vaca y año), y que la diferencia entre la rentabilidad de una vaca Muy Buena y una Insuficiente fue de 178 € por vaca y año (tabla 3). El aumento de la producción de leche en primera lactación de vacas con mejores calificaciones del carácter es notable, obteniéndose apro-

ximadamente unos 573 kilogramos de leche en primera lactación de diferencia entre las vacas calificadas Muy Buenas respecto a las Insuficientes.

A pesar de que el presente estudio no ha analizado las cojeras sino la calificación morfológica, con estos resultados se afianza más la idea de que la locomoción influye en el rendimiento económico del animal, como ya propusieron autores como Boettcher *et al.* (1998), Kossaibati *et al.* (1999), Rajala-Schultz *et al.* (1999), Warnick *et al.* (2001) y Green *et al.* (2002). Estos resultados confirman el interés de los ganaderos por los caracteres de locomoción.

Longevidad

Para los valores medios de longevidad funcional (tabla 3), se observaron diferencias

significativas entre las seis clases de calificación de MA. Se estimó que el grupo de vacas Muy Buenas permaneció en el rebaño 307 y 108 días más que las calificadas como Insuficientes y Más que Buenas, respectivamente. Además, las vacas Muy Buenas tuvieron 0,8 lactaciones más, frente a las vacas calificadas como Insuficiente.

Por lo tanto, se podría llegar a inferir que unas buenas características morfológicas de locomoción hacen que una vaca tenga mayor número de lactaciones, aumentando de esta manera la producción vitalicia y, por lo tanto, la rentabilidad. Estos resultados coincidieron con los publicados por Boettcher *et al.* (1997), que encontraron que, cuando la longevidad es definida como número de lactaciones, algunos de los caracteres de locomoción son tan influyen-

Tabla 2. Valores medios ajustados por mínimos cuadrados de la rentabilidad (RENT) en función de la calificación en 18 clases de los miembros y aplomos (n = número de datos)

Table 2. Least square means and number of data (n) of profit (RENT) according to current classification of feet and legs in 18 classes

	n	RENT	e.e.
IN1	213	-117 ^j	22,3
IN2	514	-40 ^{ij}	14,2
IN3	494	-35 ^{ij}	14,5
R1	2.233	-19 ⁱ	6,9
R2	4.705	0 ^{hi}	4,8
R3	5.819	6 ^{hi}	4,3
B1	9.224	19 ^{gh}	3,4
B2	10.679	30 ^{fg}	3,2
B3	8.155	45 ^f	3,6
BB1	9.224	63 ^e	3,4
BB2	6.752	81 ^d	4,1
BB3	1.754	116 ^c	7,7
MB1	1.562	118 ^c	8,1
MB2	732	144 ^{bc}	11,7
MB3	151	211 ^{ab}	25,6
EX1	52	275 ^{ab}	43,6
EX2	26	412 ^a	60,4
EX3	4	570 ^{acdef}	155,1

Las medias con letras distintas son significativamente diferentes (P <0,05).

Tabla 3. Medias ajustadas por mínimos cuadrados y número de datos (*n*) de los parámetros productivos: rentabilidad (RENT), kilogramos de leche en primera lactación estandarizada a 305 días (KGL1), longevidad funcional (FHL), días en lactación (DLAC) y porcentaje de días en lactación (%DLAC), en función de las clases de miembros y aplomos (MA)

Table 3. Least square mean and number of data (*n*) of profit (RENT), 305d standardize milk in first lactation (KGL1), functional herd life (FHL), number of lactations (NLAC), days in milk (DLAC), and percentage of days in milk (%DLAC), according to feet and legs score (MA)

MA	<i>n</i>	RENT	KGL1	FHL	NLAC	DLAC	%DLAC
IN	1.221	-50 ^f	5.518 ^e	1216 ^f	3,2 ^f	321 ^{abc}	87,2 ^a
R	12.757	0 ^e	5.658 ^d	1306 ^e	3,4 ^e	318 ^c	86,2 ^b
B	28.058	30 ^d	5.775 ^c	1364 ^d	3,6 ^d	319 ^{bc}	85,9 ^c
BB	17.730	73 ^c	5.927 ^b	1415 ^c	3,7 ^c	320 ^a	85,5 ^d
MB	2.445	128 ^b	6.091 ^a	1523 ^b	4,0 ^b	321 ^{ab}	84,9 ^e
EX	82	330 ^a	6.341 ^a	1875 ^a	4,8 ^a	329 ^{ab}	84,1 ^{de}
r.s.d.		300,25	1.437,21	625,82	1,53	48,36	7,05

r.s.d.: desviación estándar del error

tes como los caracteres de ubre, ya que de todas las puntuaciones subjetivas de tipo, las de MA fueron las más importantes después de las de ubre. Los ganaderos justifican su interés en los caracteres de locomoción porque dicen que las vacas son más longevas, y los resultados de este trabajo apoyan esta opinión.

Días en lactación y días secos

Como se observa en la tabla 3, los días medios en lactación aumentaron para las vacas con los mejores aplomos. Sin embargo, prácticamente no hubo diferencias significativas entre las seis clases de MA, lo que podría indicar que este carácter no tiene una influencia clara en la duración de la lactación. En cuanto al porcentaje de días en lactación (respecto al total de vida productiva), los valores más altos corresponden a las vacas peor calificadas, obteniéndose diferencias significativas muy marcadas entre las distintas clases. Posiblemente esto sea debido a que las vacas con mala conformación de patas se desechan durante o al final

de las lactaciones, no permitiendo de esta manera su presencia en el rebaño durante el periodo seco. Así, en la tabla 4 se muestran las medias ajustadas por mínimos cuadrados para los días secos, sin y con corrección por producción de leche a 305 días. Una vaca Muy Buena tuvo un periodo de secado nueve días más largo que una Insuficiente, manteniéndose las diferencias al ajustar por producción.

Fertilidad

En la tabla 4 se muestran las medias ajustadas por mínimos cuadrados para el número medio de inseminaciones por lactación y el intervalo medio entre partos. Además, se muestran las medias el intervalo entre partos ajustadas por la producción de leche estandarizada a 305 días en primera lactación. En general, se observó una tendencia al empeoramiento de la fertilidad a medida que mejoró la calificación de los animales.

Hubo un ligero aumento del número medio de inseminaciones por lactación, pero el carácter MA no fue significativo al 5% en el

Tabla 4. Medias ajustadas por mínimos cuadrados y número de datos (*n*) de días secos (Dsec), días secos ajustados por producción (Dsec cov), intervalo entre partos (IPP), número de inseminaciones (NIA) y número de inseminaciones ajustadas por producción, para cada clase de miembros y aplomos (MA)

Table 4. Least square mean and number of data (n) of dry days (Dsec), dry days adjusted for production (Dsec cov), calving interval (IPP), calving interval adjusted for production (IPP cov), and number of inseminations (NIA), according to feet and legs score (MA)

MA	<i>n</i>	Dsec	Dsec cov	IPP	IPP cov	NIA
IN	562	56 ^e	54 ^d	408 ^b	412 ^{ab}	1,72
R	5.420	60 ^d	58 ^c	407 ^b	412 ^{ab}	1,77
B	11.034	62 ^c	60 ^b	407 ^b	411 ^b	1,77
BB	6.633	63 ^b	62 ^a	409 ^b	413 ^{ab}	1,79
MB	891	65 ^a	64 ^a	415 ^a	418 ^a	1,85
EX	21	58 ^{abcde}	57 ^{abcd}	416 ^{ab}	417 ^{ab}	2,03
r.s.d.		26,71	26,50	49,24	0,93	48,39

r.s.d.: desviación estándar del error.

modelo, y no existieron diferencias significativas claras entre las distintas clases. En cuanto al intervalo entre partos, se observan mayores intervalos en los animales con buenas calificaciones de MA, siendo el intervalo medio de las vacas peor calificadas de siete días menos respecto a las Muy Buenas. Las medias de las vacas Excelentes y Muy Buenas resultaron ser significativamente distintas al resto de las clases, por lo que podría decirse que el intervalo entre partos se incrementa significativamente en los animales calificados en estas dos clases.

Una de las posibles causas de la pérdida de fertilidad en las vacas mejor calificadas podría ser el desorden energético que ocurre por el hecho de ser vacas más productoras. Sin embargo, un ajuste del intervalo entre partos por la producción de leche a 305 días en primera lactación (tabla 4) no modificó los resultados. Dados estos resultados, en este estudio se desecha una relación positiva entre el fenotipo locomotor de las vacas y los parámetros de fertilidad, como varios autores publicaron anteriormente (Choi y McDaniel, 1993; McDaniel, 1997; Sattler, 2002; Fatehi et al., 2003).

Parámetros genéticos

Heredabilidad

Como se muestra en la tabla 5, las heredabilidades de los caracteres de locomoción obtenidas en este estudio están en la línea de otros trabajos publicados anteriormente. Se obtuvo una heredabilidad baja para MA (0,14). Esta estimación fue prácticamente igual a la hallada por Klassen et al. (1992) de 0,13 y por Jairath et al. (1998) de 0,12. Pérez-Cabal y Alenda (2002) obtuvieron un valor de 0,12 para la misma población pero con datos hasta el año 2000.

La rentabilidad por vaca y año en la población estudiada presentó una heredabilidad ligeramente más baja (0,20) que la obtenida por Pérez-Cabal y Alenda (2002) de 0,25 en un estudio con un 35% menos de animales. Las heredabilidades resultantes de los kilogramos de leche, grasa y proteína estandarizada a 305 días en primera lactación fueron 0,34, 0,28 y 0,31, respectivamente, siendo unos valores muy parecidos a los calculados por Charfeddine (1998) y por Pérez-Cabal y Alenda (2002) para la población del País Vasco y Navarra. En cuanto a las produccio-

nes vitalicias de leche, grasa y proteína, las heredabilidades estimadas fueron de 0,11, 0,12, 0,10, respectivamente, muy similares a los valores obtenidos en Canadá por Klassen et al. (1992).

Los dos caracteres de longevidad, VPU y FHL, presentaron heredabilidades de 0,10. Estos valores coinciden con los calculados por Charfeddine (1998) y son ligeramente superiores a los de Pérez-Cabal y Alenda (2002). Para los caracteres de fertilidad, IPP y NIA, las heredabilidades estimadas fueron de 0,04 para ambos, siendo del orden de los resultados presentados en la mayoría de los trabajos publicados en otros países (De Jong, 1997; Smith et al., 1998; Pryce et al., 2001; Veerkamp et al., 2001).

Con estos resultados es posible afirmar que las heredabilidades obtenidas son las espe-

radas, con excepción del carácter rentabilidad, que fue inferior a la obtenida en trabajos anteriores. También se deduce que la población estudiada posee una constitución genética de los caracteres de locomoción similar a las poblaciones de otros países.

Correlaciones genéticas

En general, las correlaciones genéticas entre las características locomotoras y los caracteres productivos y reproductivos más importantes en el ganado vacuno de leche fueron bajas, comprendidas entre 0,03 y 0,12 (tabla 5).

Los miembros y aplomos presentaron una correlación genética de 0,10 con la rentabilidad, mientras que los valores obtenidos para los caracteres de producción fueron muy bajos, lo que indica que, aparentemente, no estarían correlacionados con la loco-

Tabla 5. Heredabilidad (h^2) de miembros y aplomos (MA), rentabilidad (RENT), producción en primera lactación (KGL1, KGG1, KGP1) y vitalicia (LECHE, GRASA, PROTEÍNA) de leche, grasa y proteína, respectivamente, longevidad funcional (FHL), vida productiva útil (VPU), intervalo entre partos (IPP) y número de inseminaciones (NIA), y sus correlaciones genéticas con MA (ρ_g MA), y errores estándar (e.e.)
Table 5. Heritabilities (h^2) of feet and legs (MA), profit (RENT), milk, fat and protein production in first lactation (KGL1, KGG1, KGP1) and lifetime milk, fat and protein production (LECHE, GRASA, PROTEINA), functional herd life (FHL), true herd life (VPU), calving interval (IPP), number of inseminations (NIA), genetic correlations to MA (ρ_g MA) and standard error (e.e.)

	h^2 *	ρ_g MA	e.e.
MA	0,14	-	
RENT	0,20	0,10	0,032
KGL1	0,34	0,06	0,028
KGG1	0,28	0,03	0,029
KGP1	0,31	0,05	0,028
LECHE	0,11	0,08	0,040
GRASA	0,12	0,06	0,040
PROTEINA	0,11	0,08	0,040
FHL	0,10	0,05	0,045
VPU	0,10	0,05	0,045
IPP	0,04	0,12	0,054
NIA	0,04	0,05	0,072

*Error estándar: 0,006 - 0,009.

moción. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros estudios de la población lechera española (Charfeddine, 1998; Pérez-Cabal, 2002). Las correlaciones genéticas con los dos caracteres de longevidad resultaron ser también bajas (0,05), a diferencia de otros trabajos publicados, en los que los valores son moderados o altos (Vollema y Groen, 1997; De Jong et al., 1999; Pérez-Cabal, 2002). En cuanto a los caracteres de fertilidad, los MA resultaron estar más correlacionados con el intervalo entre partos (0,12) que con el número de inseminaciones (0,05).

Se ratifica la baja importancia genética de las características morfológicas de locomoción, tanto por bajas o moderadas heredabilidades, como por las bajas correlaciones genéticas existentes con rentabilidad, caracteres de producción, longevidad y fertilidad. Por lo tanto, se puede decir que estos resultados no explican la importancia económica que da el sector a los caracteres de locomoción en la selección de sus animales, tanto por el precio del semen, como por la ponderación de los caracteres de locomoción en los índices de selección utilizados.

Relaciones entre valores genéticos

Coincidiendo con lo publicado anteriormente por Pérez-Cabal y Alenda (2002) para la misma población de vacas pero con 35% menos de animales, la relación cuadrática fue la que mejor explicó la relación entre los valores genéticos predichos de MA con los de la rentabilidad ajustada por producción (figura 1 y tabla 6), a pesar de que los coeficientes de determinación no mejoraron sustancialmente. Se puede observar que valores positivos de caracteres de locomoción están asociados a valores genéticos positivos de rentabilidad, siendo los incrementos mayores para valores genéticos de MA superiores a uno. En cambio, la correlación

genética encontrada, a pesar de ser positiva, fue baja (0,10), debido posiblemente a la asunción de linealidad del método BLUP.

A diferencia de los resultados obtenidos por Larroque y Ducrocq (1999) y Pérez-Cabal y Alenda (2002), la relación entre los valores genéticos de MA y la FHL fue explicada mejor con el modelo cuadrático que solamente con efecto lineal. En Canadá, Dekkers et al. (1994) encontraron relaciones cuadráticas positivas para la población de vacas no registradas y efectos lineales negativos y cúbicos para la población conjunta de animales registrados y no registrados. Sin embargo, y a la vista de los coeficientes de determinación de los dos modelos (tabla 6), no hay mucha diferencia entre el ajuste lineal y el cuadrático. En cambio, no se puede afirmar que la selección por caracteres asociados a la vida en el rebaño sea una garantía para mejorar la funcionalidad o disminuir el desecho involuntario, como varios autores ya publicaron anteriormente (Short y Lawlor, 1992; Dekkers et al., 1994; Vollema y Groen, 1997; Jairath et al., 1998; De Jong et al., 1999; Pérez-Cabal y Alenda, 2002). Esto es debido a que, al igual que con la rentabilidad y los caracteres de producción, en el presente trabajo se obtuvo una correlación genética prácticamente nula entre los caracteres de longevidad y los miembros y aplomos.

En cuanto a la producción de leche (figura 1), se observan unas tendencias similares a las de rentabilidad, en lo que se refiere a las relaciones cuadráticas y lineales obtenidas. Esto era de esperar, ya que la producción de leche influye de manera significativa en la rentabilidad. Sin embargo, los coeficientes de determinación de estas regresiones (tabla 6) son muy bajos en general, de tal forma que los miembros y aplomos explican como máximo el 4% de la variabilidad total de la producción de leche.

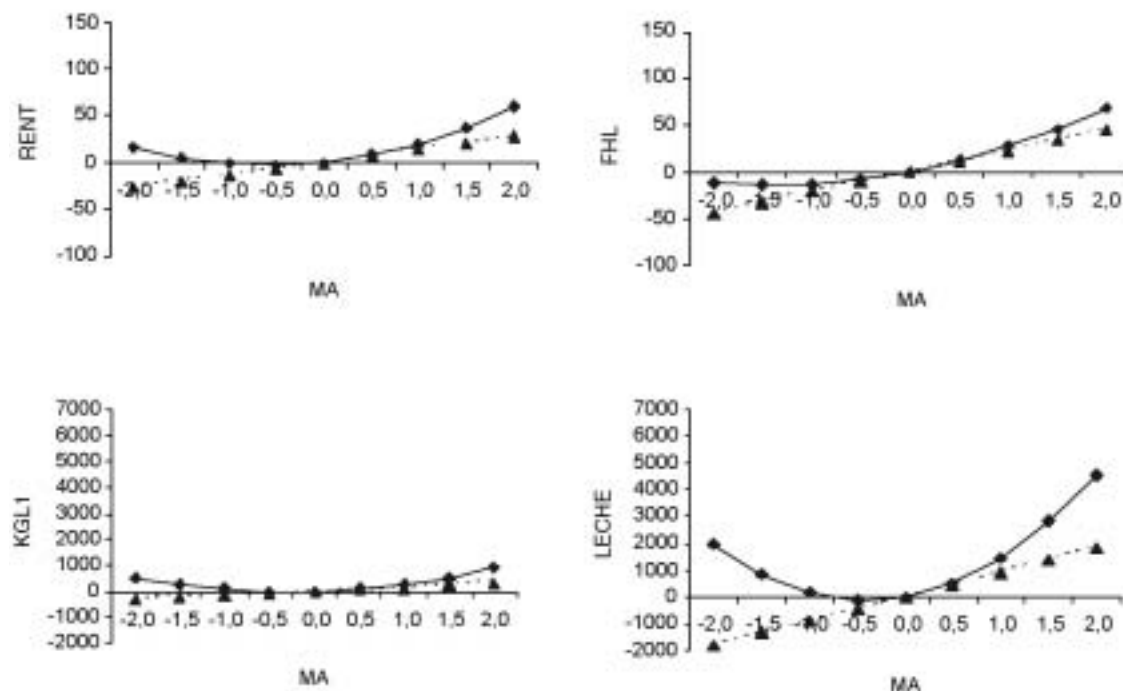


Figura 1. Relaciones lineales (\blacktriangle) y cuadráticas (\blacklozenge) significativas entre el valor genético de la rentabilidad (RENT) (en euros por vaca y año) ajustada por producción, la longevidad funcional (FHL) (en días), kilogramos de leche a 305 días en primera lactación (KGL1) y producción de leche vitalicia (LECHE), con los valores genéticos de miembros y aplomos (MA).

Figure 1. Significant linear (\blacktriangle) and quadratic (\blacklozenge) relationships between breeding values of profit adjusted for production (RENT) (euros per cow and year), functional longevity (FHL) in days, first lactation 305 days milk production (KGL1) and lifetime milk production (LECHE), with feet and legs (MA).

Análisis alternativo de la relación entre rentabilidad y miembros y aplomos

Como se muestra en la tabla 7, las heredabilidades para cada uno de los dos caracteres ficticios fueron bajas (0,05 y 0,08), inferiores a la del carácter real. Además, las correlaciones genéticas con la rentabilidad resultaron prácticamente nulas (-0,07 y 0,05, para MA1 y MA2, respectivamente) y las pérdidas de la varianza genética fueron altas, por lo que este planteamiento no resultó recomendable.

Dado que el análisis genético con datos desconocidos podría estar sesgado en cuanto a las correlaciones con rentabilidad, ya que se hallarían correlaciones con estimaciones de los caracteres con datos faltantes, también se realizaron los análisis genéticos de los dos caracteres ficticios por separado, es decir, sin datos faltantes. En este caso las heredabilidades tanto de MA1 como de MA2 y sus correlaciones genéticas con la rentabilidad fueron similares a las obtenidas anteriormente (resultados no presentados).

Tabla 6. Coeficientes lineales (L) y cuadráticos (Q) significativos, coeficientes de determinación (R^2) e incrementos del R^2 de la regresión de la estima del valor genético de la rentabilidad ajustada por producción (RENT), la longevidad funcional (FHL), kilogramos de leche a 305 días en primera lactación (KGL1) y la producción de leche vitalicia (LECHE), a partir del valor genético del carácter miembros y aplomos (MA)

Table 6. Significant linear (L) and quadratic (Q) regression coefficients for prediction of breeding value of profit adjusted for production (RENT), functional longevity (FHL), first lactation 305 days milk production (KGL1) and lifetime milk production (LECHE), from feet and legs (MA), coefficients of determination (R^2) and their increases

		Coeficiente	R^2	Incremento ³
RENT	L ¹	14,15	0,4966	-
	Q ²	7,89	0,4974	+0,0008
FHL	L	22,25	0,0124	-
	Q	6,83	0,0128	+0,0004
KGL1	L	145,06	0,0223	-
	Q	181,78	0,0364	+0,0141
LECHE	L	909,71	0,0283	-
	Q	816,80	0,0375	+0,0092

P < 0,0001.

¹Coeficiente de regresión en el modelo de primer orden.

²Coeficiente de regresión cuadrático en el modelo de segundo orden que incluye también efecto lineal.

³Diferencia entre coeficiente de determinación del modelo cuadrático con el lineal.

Tabla 7. Heredabilidades (h^2), varianzas genética (σ_g^2) y residual (σ_e^2) de la rentabilidad y miembros y aplomos, considerado como dos caracteres ficticios (MA1 y MA2), y las correlaciones genéticas (ρ_g) con la rentabilidad

Table 7. Heritabilities (h^2), genetic variances (σ_g^2) and residual (σ_e^2) of profit and feet and legs considered as two fictitious traits (MA1 and MA2), and genetic correlations (ρ_g) with profit

	h^2	σ_g^2	σ_e^2	$\rho_{g,RENT}$
RENT	0,20	18.683	74.307	-
MA1	0,05	0,09	1,460	-0,07
MA2	0,08	0,15	1,889	0,05

Estudio del sistema de calificación morfológica de miembros y aplomos

Análisis de la calificación de miembros y aplomos en 10 clases

En función de los resultados presentados en la tabla 2, de las medias de rentabilidad por mínimos cuadrados para cada una de las 18

clases de MA, el carácter MA se reagrupó en un total de 10 clases de la siguiente manera: Clase 1 (IN1, IN2, IN3); Clase 2 (R1); Clase 3 (R2, R3); Clase 4 (B1); Clase 5 (B2); Clase 6 (B3); Clase 7 (BB1); Clase 8 (BB2); Clase 9 (BB3, MB1, MB2); Clase 10 (MB3, EX1, EX2, EX3).

En la tabla 8 se muestran las heredabilidades y correlaciones genéticas del carácter

MA agrupado en las 18 clases tradicionales (MA18), en las 10 clases propuestas (MA10) y la rentabilidad. La heredabilidad de MA10 resultó prácticamente igual (0,13) a la de MA18, aunque su correlación genética con la rentabilidad mejoró ligeramente (0,12). Con MA10 se pierde el 28% de la variabilidad genética y residual respecto a la calificación actual. Por otra parte, la correlación genética obtenida entre las dos agrupaciones de MA fue de 0,99, lo que indica que ambos caracteres se comportan genéticamente igual.

La figura 2 muestra las relaciones cuadráticas significativas entre los valores genéticos de la rentabilidad y del carácter MA18 y MA10. Se observan las modificaciones que se obtuvieron al utilizar los valores genéticos de calificación en las 10 clases respecto a la calificación actual. Las mayores diferencias se dieron entre los valores positivos extremos. La calificación en 10 clases beneficiaría a los animales con valores genéticos altos de MA, mientras que no perjudicaría a los que presentarían índices bajos. El coeficiente de determinación para

Tabla 8. Heredabilidades (h^2), varianzas genética (σ^2_g) y residual (σ^2_e) de la rentabilidad (RENT), miembros y aplomos actual en 18 clases (MA18), miembros y aplomos propuesto en 10 clases (MA10) y las correlaciones genéticas (ρ_g) entre ellos

Table 8. Heritabilities (h^2), genetic variances (σ^2_g) and residual (σ^2_e) of profit (RENT), feet and legs classified in 18 classes (MA18), feet and legs classified in 10 classes (MA10) and genetic correlations (ρ_g) between them

	h^2	σ^2_g	σ^2_e	$\rho_{g,RENT}$	$\rho_{g,MA10}$
RENT	0,20	18.683	74.307	-	-
MA18	0,14	0,60	3,779	0,10	0,99
MA10	0,13	0,43	2,734	0,12	-

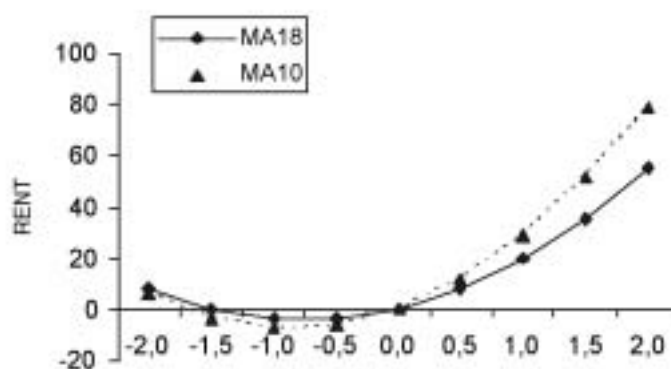


Figura 2. Representación gráfica de las relaciones cuadráticas significativas entre los valores genéticos de la rentabilidad y el carácter miembros y aplomos con 18 clases (MA18) y con la agrupación en 10 clases (MA10).

Figure 2. Significant quadratic relationships between breeding values of profit and feet and legs trait classified in 18 classes (MA18) and classified in 10 classes (MA10).

MA10 fue el mismo que el de MA18 (0,50). Sin embargo, el orden del coeficiente cuadrático de MA10 fue mayor que el coeficiente obtenido para MA18. A la vista de estos resultados, la agrupación en diez clases no presenta ninguna ventaja frente a la actual.

Comportamiento de las vacas con mejor calificación

En la tabla 9 se muestran los parámetros genéticos de las poblaciones de mejores vacas y del resto. La heredabilidad de la población sin las vacas Excelentes y Muy Buenas (MA_{sinEXMB}) y su correlación genética con rentabilidad fue de 0,12, siendo muy similar a la de la población completa (MA). En cuanto a la población de animales mejor calificados (MAEXMB), su heredabilidad fue baja (0,04) y las varianzas, tanto genética como residual, se redujeron drásticamente. La correlación con rentabilidad fue prácticamente nula pero con un error estándar alto. Por tanto, al contrario que Dekkers *et al.* (1994), que sí encontraron en sus estudios diferencias significativas entre las vacas "registered" y las "grade", con los datos del presente trabajo no se detectaron comportamientos diferentes concluyentes a nivel genético.

Conclusiones

La importancia que tiene el carácter miembros y aplomos para el sector se vio reflejada en las relaciones fenotípicas existentes con la rentabilidad, la producción y la longevidad, pero no con los parámetros de fertilidad. Los animales mejor calificados resultaron más rentables porque produjeron más leche, tuvieron más lactaciones y permanecieron más tiempo en el rebaño. Además, se recomienda seguir realizando la calificación morfológica de miembros y aplomos como actualmente, dado que la reagrupación en clases distintas dan lugar a una reducción de la variabilidad genética. Los resultados de este trabajo no muestran que exista tratamiento preferencial por parte de los ganaderos hacia las vacas con alta calificación morfológica de locomoción.

Sin embargo, las heredabilidades y las correlaciones genéticas estimadas fueron bajas. Por lo tanto, la respuesta a la selección sobre la rentabilidad, la producción, la longevidad y la fertilidad a través de la selección de los caracteres de locomoción, resultaría lenta y poco eficaz, aunque las relaciones genéticas significativas (aunque ligeras) de tipo cuadrático entre la rentabilidad y los caracteres de locomoción obteni-

Tabla 9. Heredabilidad (h^2), varianza genética (σ_g^2), varianza residual (σ_e^2) y correlaciones genéticas con la rentabilidad (ρ_g RENT), de la calificación de miembros y aplomos actual (MA), miembros y aplomos sin las vacas Excelentes y Muy Buenas (MA_{sinEXMB}) y miembros y aplomos de las vacas Excelentes y Muy Buenas (MAEXMB)

Table 9. Heritability (h^2), genetic variance (σ_g^2), residual variance (σ_e^2), and genetic correlations with profit (ρ_g RENT), of feet and legs as present classification (MA), feet and legs without Excellent and Very Good cows (MA_{sinEXMB}), and feet and legs of Excellent and Very Good cows (MAEXMB)

	h^2	σ_g^2	σ_e^2	ρ_g RENT	e.e.
MA	0,14	0,60	3,78	0,10	0,032
MA _{sinEXMB}	0,12	0,43	3,33	0,12	0,006
MAEXMB	0,04	0,03	0,67	-0,06	0,424

das deberían ser estudiadas en futuros trabajos y consideradas en los programas de selección y en la planificación de los apareamientos.

Actualmente, la selección para evitar los problemas locomotores se realiza únicamente mediante la evaluación genética de los caracteres morfológicos de locomoción. A pesar de que en algunos países se recogen datos de cojeras clínicas, como manifestación de los problemas de locomoción, en estos momentos ningún país evalúa oficialmente este carácter. Sin embargo, en estudios científicos se han obtenido resultados significativos en la mejora de la rentabilidad considerando las valoraciones genéticas de cojeras.

Por tanto, sería recomendable implementar la recogida de datos referentes a las cojeras clínicas, para estudiar su posible incorporación como carácter en la selección de los animales por locomoción.

Bibliografía

- Boelling D, Pollot GE, 1998. Locomotion, lameness, hoof and leg traits in cattle. 1. Phenotypic influences and relationships. *Livest. Prod. Sci.* 54: 193-203.
- Boettcher PJ, Jairath LK, Koots KR, Dekkers JCM, 1997. Effects of interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 80: 2984-2995.
- Boettcher PJ, Dekkers JCM, Warnick LD, Wells SJ, 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 1148-1156.
- Charfeddine N, 1998. Selección por mérito económico global en el ganado vacuno frisón en España. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Choi YS, McDaniel BT, 1993. Heritabilities of measures of hooves and their relation to other traits of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 76: 1989-1993.
- De Jong G, 1997. Scoring legs and feet in the Dutch conformation scoring system. *Proc. International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in cattle; Health.* Uppsala, Sweden. *INTERBULL Bull.* 15: 115-122.
- De Jong G, Vollema AR, Van Der Beek S, Harbers A, 1999. Breeding value for functional longevity in the Netherlands. *Proc. of the International Workshop on EU Concerted Action Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle; Longevity.* Jouy-En-Josas, France. *INTERBULL Bull.* 21: 68-72.
- Dekkers JCM, Jairath LK, Laurance BH, 1994. Relationships between sire genetic evaluation for conformation and functional herd life of daughters. *J. Dairy Sci.* 77: 844-854.
- Fatehi J, Stella A, Shannon JJ, Boettcher PJ, 2003. Genetic parameters for feet and legs traits evaluated in different environments. *J. Dairy Sci.* 86: 661-666.
- Green LE, Hedgest VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ, 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 2250-2256.
- Groeneveld E, García Cortés LA, 1998. VCE 4.0, a (co)variance component package for frequentists and Bayesians. *Proc. 6th. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* Vol. 27: 455-456.
- Jairath L, Dekkers JCM, Schaeffe LR, Liu Z, Burnside EB, Koldstad B, 1998. Genetic evaluation for herd life in Canada. *J. Dairy Sci.* 81: 550-562.
- Klassen DJ, Monardes HG, Jairath RIC, Hayes F, 1992. Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75: 2272-2282.
- Kossabati MA, Esslemont RJ, Watson C, 1999. The costs of lameness in dairy herds. Paper to the National Cattle Lameness Conference (Stoneleigh). <http://www.rdg.ac.uk/AcaDepts/aa/DAISY/DAISY1/Lamenesscost.htm>

- Larroque H, Ducrocq V, 1999. Phenotypic relationship between type and longevity in the Holstein breed. Proc. International Workshop on EU concerted action Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle; Longevity. Jouy-En-Josas, France. INTERBULL Bull. 21: 96-103.
- McDaniel BT, 1997. Breeding programs to reduce foot and leg problems. Proc. International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in cattle; Health. Uppsala, Sweden. INTERBULL Bull. 15: 115-122.
- National Animal Health Service, 1996. <http://animalscience-extension.tamu.edu/publications/13279245-L5195.pdf>
- Norman HD, Powell RL, Wright JR, Pearson RE, 1996. Phenotypic relationship of yield and type scores from first lactation with herd life and profitability. J. Dairy Sci. 79: 689-701.
- Pérez-Cabal MA, 2002. Predicción de la rentabilidad en el ganado vacuno lechero en España. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Pérez-Cabal MA, Alenda R, 2002. Genetic relationships between lifetime profit and type traits in Spanish Holstein cows. J. Dairy Sci. 85: 3480-3491.
- Pryce JE, Coffey MP, Simm G, 2001. The relationships between body condition score and reproductive performance. J. Dairy Sci. 84: 1508-1515.
- Rajala-Schultz PJ, Gröhn YT, McCulloch CE, 1999. Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 288-294.
- SAS, 2001. User's Guide, Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sattler JD, 2002. Herd Systems. The importance of locomotion. MidWest DairyBusiness, November: 32-34.
- Short TH, Lawlor TJ, 1992. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. J. Dairy Sci. 75: 1987-1998.
- Smith LA, Cassell BG, Pearson RE, 1998. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. J. Dairy Sci. 81: 2729-2737.
- Veerkamp RF, Koenen EPC, De Jong G, 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. J. Dairy Sci. 84: 2327-2335.
- Vollema AR, Groen AF, 1997. Genetic correlations between longevity and conformation traits in an upgrading dairy cattle population. J. Dairy Sci. 80: 3006-3014.
- Warnick LD, Janssen D, Guard GL, Gröhn YT, 2001. The effect of lameness on milk production in dairy cows. J. Dairy Sci. 84: 1988-1997.

(Aceptado para publicación el 18 de abril de 2005)

La raza Assaf española en la provincia de León. Situación actual de la raza

M.A. Jiménez*, M. Serrano*, J.J. Jurado*

*INIA. Departamento de Mejora Genética Animal. Carretera de La Coruña, Km. 7. 28040 Madrid.

Resumen

La raza Assaf española, de origen israelí, fue introducida en España en los años 70, destacando su difusión en la Comunidad de Castilla y León, donde su elevado censo y su aportación a la producción final agraria pone de manifiesto la importancia de esta raza en la zona. Especializada en la producción de leche, presenta una superioridad productiva comparada con las razas autóctonas de la región, lo que ha supuesto un cambio racial de los rebaños de ovino así como de los sistemas tradicionales de explotación que han derivado hacia producciones más intensivas. Sin embargo, hasta hace poco la raza Assaf no ha sido reconocida oficialmente ni explotada por ningún organismo, no habiéndose realizado ningún intento de hacer Mejora Genética con esta raza. En la actualidad, son destacables las actuaciones de los ganaderos de la provincia de León y de su Diputación que han puesto en marcha, entre otras actividades, un control lechero oficial, la recogida de registros genealógicos de los rebaños participantes en el programa de selección, y el desarrollo de campañas de inseminación para la obtención de machos mejorantes. Fruto del proceso de selección realizado, en los últimos años se han producido ligeros aumentos en el número de rebaños y ovejas sometidas a control lechero, de las producciones lácteas, de las hijas de Inseminación Artificial, y del número de machos valorados genéticamente. En un futuro próximo y tras varios años de esfuerzo, se espera obtener un progreso genético anual acorde con las expectativas desarrolladas en esta agrupación.

Palabras clave: Ovino de leche, sistema de manejo, programa de selección

Summary

The spanish assaf sheep breed in the province of Leon

The Spanish Assaf sheep breed, original from Israel, was introduced in Spain in the seventy's, with a exceptional diffusion in the Autonomous Region of Castilla-León, where the importance of this breed is showed by the high census and its contribution to the agrarian production. This dairy sheep breed presents a higher production level than others native races from this region. This implies a racial change in herds and in the traditional management system, based on intensive productions. However, the Spanish Assaf breed neither has been recognized nor coordinated by any official organization until some years ago, so there has not been applied a specific breeding program. Nowadays, breeders and Deputation of León have implemented an official milking recording system, and the collection of pedigree data for the flocks involved in the selection program. It has also been developed an artificial insemination system in order to obtain tested sires. Slight increases in the number of flocks and ewes in milking recording, milk production, artificial inseminated females and number of tested sires have been reached due to the selection scheme. In the next future, the obtainment of a genetic progress according to the hopes of the breeders association is expected.

Key words: Dairy sheeps, management system, breeding program

Introducción

Castilla y León se sitúa como la Comunidad Autónoma que cuenta con la mayor producción de leche de oveja en España, seguida de Castilla-La Mancha, País Vasco y Navarra. Tradicionalmente, la producción ovina de leche se ha basado en razas autóctonas muy bien adaptadas a sus zonas de origen. Sin embargo, se ha producido un cambio en los sistemas tradicionales de explotación hacia sistemas de producción más intensivos, debido, entre otras causas, a la superioridad productiva de algunas razas extranjeras, a la desaparición de pastores, a la política de subvenciones, cambios en la comercialización de la leche y el queso etc. Actualmente y en España, el 45% del ovino de leche pertenece a razas foráneas y sus cruces (Ugarte et al., 2002). En el caso concreto de Castilla y León, la mayor parte de la producción ovina de leche se produce a partir de explotaciones con ovejas de razas no autóctonas, fundamentalmente de raza Assaf (Mantecón y Lavín, 2001).

La raza Assaf española tiene su origen en Israel, donde esta agrupación fue creada como una raza sintética mediante cruzamientos de ovejas de raza Awassi con moruecos de raza Milchschaef de Alemania, con el objetivo final de aumentar la prolificidad y la precocidad sexual de las corderas. Esta raza fue introducida en los años 70 en determinadas zonas de la geografía española, destacando su difusión y concentración en la Comunidad de Castilla y León, donde estos efectivos fueron utilizados para la realización de cruzamientos por absorción de razas autóctonas, especialmente la Churra y la Castellana. La introducción de esta raza en la región de Castilla y León y su importancia dentro del subsector agrario de la región, puesta de manifiesto por su elevado censo y su aportación a la producción

final agraria, ha dado lugar a la agrupación racial conocida como **Raza Assaf Española**. Con un total de 746.000 cabezas distribuidas en las distintas provincias de la región, son destacables los censos de Valladolid, León y Zamora con 145.000, 155.000 y 235.000 reproductoras, respectivamente. La importancia y extensión de la raza Assaf en estas zonas viene determinada por el porcentaje de ovejas de ordeño pertenecientes a esta raza con relación al número de ovejas de ordeño totales: el 74,32% de las ovejas de ordeño de la provincia de León son de raza Assaf, seguido de Zamora y Valladolid con el 62,3% y 42,39% respectivamente (Martínez et al., 1999).

Según la última modificación del Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Orden APA/2420/2003, de 28 de agosto), la raza ovina Assaf se incorpora a un nuevo apartado, el número 4, denominado 'Razas de terceros países' (razas autóctonas de esos países, distintas de las razas ya definidas que, para poder figurar en el Catálogo de Razas de España, necesitan estar contrastadas suficientemente su adecuación al ecosistema español y ser de interés productivo y económico, tras un periodo de observación y seguimiento). Se trata, pues, de una raza que no ha sido aceptada oficialmente hasta hace poco, que durante décadas no tenido una Asociación profesional de ganaderos ni Libro Genealógico Oficial, y no ha sido explotada de forma unificada por ningún organismo (Jurado et al., 2004), creándose distintos núcleos de la raza en la geografía española, especialmente en la zona castellano-leonesa (está muy extendida por las provincias de León, Zamora, y Valladolid), y en la Comunidad Autónoma de Madrid.

En la actualidad, ya se han producido diversos intentos de incorporar la Mejora Genética en esta raza, siendo destacable la llevada a cabo por los ganaderos de la provincia

de León, cuya Diputación ha puesto medios y fondos para este fin. Así, fruto de la colaboración entre la Asociación de Ganaderos de la raza Assaf de la provincia de León, de la Diputación de León, del grupo de trabajo de la Estación Agrícola Experimental del CSIC, del Departamento de Reproducción Animal de la Universidad de León y del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias de Madrid (INIA), se está desarrollando un programa de mejora genética y selección de ovejas de raza Assaf española. Como resultado final de esta actividad, se está realizando la valoración genética de reproductores para producción de leche, utilizando la información recogida por los distintos equipos con relación a los controles productivos y a los registros genealógicos de los animales.

A pesar de la existencia de un núcleo importante de animales de raza Assaf en la provincia de León, y de la puesta en marcha de un programa de mejora genética y selección de reproductores, hasta el momento no se han dado a conocer resultados concretos sobre la organización y desarrollo de estas actividades. El objetivo de este trabajo, es pues, presentar una perspectiva general de la situación actual de la raza, mediante la descripción del sistema de explotación y manejo llevado a cabo en los rebaños, así como de la organización del plan de mejora puesto en marcha por la Diputación de León. Este trabajo pretende ser el primero de una serie de artículos en los que se presentarán datos concretos sobre el desarrollo del esquema de selección en cuanto a las actividades relacionadas con el control lechero, las inseminaciones y la valoración genética de los animales. También se pretende realizar estudios relacionados con la estimación de parámetros genéticos de los caracteres de selección, y analizar el progreso genético alcanzado.

Características de la raza

La raza Assaf está especializada en la producción de leche, siendo una raza longilínea e hipermétrica (el peso de los animales de esta raza varía entre los 90 y 120 kg en los machos, y entre los 65 y 75 kg en las hembras). Generalmente presentan una capa uniforme de color blanco, aunque se pueden encontrar animales con manchas rojas, fruto de su ascendencia Awassi. Está cubierta por una lana basta y larga (pesos medios de 2,5-3,0 kg) que deja al descubierto la cabeza y las extremidades. Su perfil es convexo, con orejas largas y colgantes, extremidades fuertes y largas, y ubre de gran desarrollo cisternal (Gonzalo, 2001).

Aunque existe una gran heterogeneidad en lo que a los sistemas de explotación de esta raza se refiere, la tónica general se decanta por la explotación de los animales en sistema intensivo, permaneciendo las ovejas estabuladas o semiestabuladas todo el año. Desde su introducción en España, la raza Assaf se ha utilizado fundamentalmente para la producción de leche, debido a los elevados rendimientos lecheros que presenta por lactación. En los últimos tiempos, su explotación también se orienta hacia la doble aptitud leche-carne, basándose la producción de carne en corderos de 9-11 kg de peso vivo, denominados lechazos. Sin embargo, análisis económicos llevados a cabo en explotaciones de ovino de leche de raza Assaf en la provincia de León (Lavín *et al.*, 2001), establecen que la venta de leche es la fuente de ingresos que determina la mayor o menor rentabilidad de las explotaciones, ya que no se han encontrado diferencias significativas al considerar los ingresos por venta de corderos, ni por la venta de animales para vida, desvieje o por la venta de lana.

Características de las explotaciones

La información presentada en este estudio está basada en los datos recogidos por el personal de la Estación Agrícola Experimental (CSIC) de León en las distintas explotaciones ovinas de raza Assaf, ubicadas y pertenecientes a la Asociación de Ganaderos de la raza en la provincia de León. Se han tomado como base los datos recogidos en las explotaciones durante los años 2001, 2002 y 2003, correspondientes a los censos de los rebaños, controles lecheros, e información general de los animales. Asimismo, también se ha utilizado la información proporcionada por el personal de la Unidad de Reproducción de la Facultad de Veterinaria de León con relación a las campañas de inseminación realizadas durante esos mismos años.

Las explotaciones ovinas integrantes de la Asociación de ganaderos de raza Assaf se consideran ganaderías colaboradoras del programa de selección, teniendo que cumplir, para ello, una serie de requisitos, entre los que principalmente se encuentran los siguientes (B.O.P. de León, de 9 de diciembre de 1997): cumplimiento de diversas normas sanitarias, identificación de los animales con tatuaje y crotal, realización del registro de nacimiento de los animales (fecha de nacimiento, sexo, identificación

del cordero, padre y madre), realización de un control lechero oficial, inseminación de un porcentaje mínimo de los animales de su explotación y crianza de los descendientes con el fin de valorar a los padres.

Sistema de explotación

El **tamaño de los rebaños** resulta muy variable, oscilando entre las explotaciones que cuentan con valores inferiores a las 400 ovejas reproductoras (en mayor medida explotaciones con censos variables entre 200 y 300 ovejas) y las que tienen 1.000 o más ovejas en el rebaño. El tamaño medio de los rebaños se sitúa en las 450-500 reproductoras (486 ± 290). La variabilidad encontrada en las explotaciones de ovino de leche en cuanto al tamaño de los rebaños ya fue descrita por Mantecón y Lavín (2001), al realizar un estudio sobre 37 explotaciones en el año 1999. Estos autores establecen el número medio de reproductoras en 450, con intervalos de 194 a 1.500 ovejas/explotación, habiéndose detectado un crecimiento en el tamaño medio de los rebaños así como en la producción individual de los animales a lo largo de la década de los 90. Esta situación ha supuesto un incremento en la producción de leche de la región a pesar de la disminución en el número de explotaciones.

Tabla 1. Información relacionada con el manejo de las explotaciones
Table 1. Information related to management system

Años de estudio:	2001	2002	2003
Épocas de parto:	N	N	N
Invierno	5.999	5.449	6.429
Primavera	4.955	5.210	6.401
Verano	1.148	1.775	1.440
Otoño	3.273	3.205	3.509
Ovejas paridas:	12.800	13.388	15.344
Nº de rebaños:	32	34	36

N: número de partos.

Por regla general, dentro de los rebaños existe una división por lotes, distinguiéndose tres niveles de división: en función del estado actual de las ovejas (pre-parto, ordeño, secas...), en función de los niveles de producción de los animales, y según las épocas de parto. El sistema de producción más característico es la producción intensiva, permaneciendo los animales estabulados durante todo el año. Sin embargo y en algunos casos, también se practica **el pastoreo**, principalmente de las ovejas vacías y en primavera. En Castilla y León, en los últimos años, se ha pasado de una explotación ganadera basada en el pastoreo total del rebaño durante todos los días del año, a la explotación del rebaño en régimen de una mayor estabulación, mejorando las condiciones de trabajo y la disponibilidad de mano de obra externa (Mantecón y Lavín, 2001), causas del descenso del número de explotaciones de la región.

Aunque en la mayor parte de las explotaciones visitadas el sistema de parideras se corresponde con un **parto al año**, ya que se trata de animales con altos niveles de producción y persistencia a lo largo de la lactación, también existen rebaños donde se practica un sistema de tres partos cada dos años. Tal y como puede observarse en la tabla 1, las **épocas de parto** más características se localizan en invierno y primavera, siendo destacables los meses de enero, febrero, marzo y abril. El **secado** de los animales tras el periodo de lactación se realiza, bien en función de la producción de leche diaria (producciones inferiores a 400-500 ml al día), bien tras la realización de una ecografía donde se confirma la gestación del animal, realizándose su secado dos meses antes de la fecha de parto.

La **reposición** de los animales del rebaño tiene lugar, fundamentalmente, en función de los niveles de producción de leche, utilizando para ello la información proporcio-

nada por los técnicos del CSIC. Una vez procesados los datos de control lechero, recogidos mensualmente en las explotaciones, se elabora un informe individual de cada rebaño en el que se detallan los datos productivos de cada oveja durante su última lactación registrada, así como un listado con las mejores ovejas del rebaño (aquellas que superan los 350 litros en 120 días de lactación). Las bajas de los animales de la explotación vienen condicionadas por diversas causas entre las que se encuentran: enfermedades, bajas producciones lecheras, venta o sacrificio de animales viejos etc. Con un intervalo comprendido entre 1 y 12 partos, el número medio de partos por oveja reproductora hasta su baja por muerte o venta se sitúa en los 4 partos, variando este número entre las distintas ganaderías (de 2 a 6 partos como media). El 11,8% de los animales dados de baja en las distintas explotaciones (ya no se incluyen en el control lechero oficial) han tenido un único parto, seguido de las ovejas que cuentan con 2, 3, y 4 partos (18,5%, 19,4%, y 17,1% respectivamente). En algunos casos, los mayores porcentajes de animales en cuanto a las bajas se sitúan entre los 6 y 8 partos. Estos resultados se han obtenido a través de la información aportada por los ganaderos con relación a las altas y bajas de animales en su explotación, encontrándose supeditada al aporte de la documentación necesaria.

Producción de leche y carne en las explotaciones

Tal y como se ha descrito en otros estudios (Mantecón y Lavín, 2001), la principal fuente de ingresos de las explotaciones ovinas de leche en Castilla y León se basa en la comercialización de leche fresca, vendida a industrias transformadoras a través de cooperativas, representando un porcentaje muy bajo (< 2%) la proporción de leche transformada

en la explotación o comercializada en forma de productos artesanales. Por otro lado, también existe una comercialización de los corderos en forma de lechazos vivos (90%).

Producción de leche

Todos los rebaños pertenecientes a la Asociación de Ganaderos de raza Assaf se encuentran sometidos a un **control lechero** oficial, llevado a cabo por un controlador y con frecuencia mensual. Tanto el control lechero como la informatización de los resultados viene siendo realizado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de León. La metodología empleada para realizar este control lechero es la de tipo AT, que supone el control mensual de uno de los ordeños del rebaño, alternado entre el ordeño de la mañana y de la tarde. Las variables lecheras medidas se relacionan con la cantidad de leche producida en cada lactación y son: leche producida durante el periodo de amamantamiento, leche producida durante el periodo de solo ordeño (intervalo de tiempo que va desde el destete al secado de la oveja), producción total de leche por lactación (suma de las dos producciones anteriores), longitud de la lactación (diferencia entre la fecha de parto y la de secado), y producción tipificada.

El objetivo final del esquema de selección de la raza se basa en el incremento de la producción de leche por lactación, siendo el criterio de selección empleado la cantidad de leche producida en un número determinado de días de lactación. En principio, y siguiendo el criterio desarrollado por los esquemas más consolidados de algunas de las razas autóctonas españolas, se ha utilizado la producción tipificada a 120 días de lactación. Posteriormente y dados los altos niveles productivos de las ovejas de raza Assaf y la persistencia de su lactación en comparación con las razas autóctonas, se piensa en utilizar la producción tipificada a 150 días de lactación como criterio de selección.

Tal y como se observa en la tabla 2, donde se recoge la información relacionada con el control lechero, el número de rebaños sometidos a control ha ido en aumento desde el año 2001, produciéndose un mayor número de ganaderías que se dan de alta en la Asociación con relación a las ganaderías que causan baja. En el año 2004, el número de rebaños en activo se sitúa en 38 explotaciones. Estos valores son muy inferiores a los descritos en los esquemas de selección de otras razas de ovino de leche como la raza Latxa (219 rebaños en control lechero), la raza Manchega (89) o la raza Churra (82)

Tabla 2. Información relacionada con el Control Lechero
Table 2. Information related to milking recording

	2001	2002	2003
Rebaños en control	32	34 (6 baja, 8 alta)	36 (3 alta, 1 baja)
Partos-lactaciones controladas	15.375	15.639	17.779
Ovejas controladas	12.800	13.388	15.344
Lactaciones controladas por oveja	1,20	1,17	1,16
Lactaciones terminadas (120 días)	13.155	13.532	15.634
Nº ovejas	11.058	11.832	13.777
Lactaciones terminadas (150 días)	11.419	11.570	13.433
Nº ovejas	9.769	10.286	12.198

(Jurado *et al.*, 2004), y similares a los presentes en la raza Castellana con 39 socios (González *et al.*, 2001). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el esquema de la raza Assaf descrito en este estudio se limita a la provincia de León, además de ser de reciente creación con relación a los otros esquemas cuya puesta en marcha se ha producido muchos años antes (desde los años 80 y 90).

De igual forma, tanto el número de lactaciones (partos) como el de ovejas controladas por año de estudio (tabla 2) ha seguido una evolución ascendente, traduciéndose en una media de 1,18 lactaciones controladas por oveja y año. En torno al 87% de las lactaciones iniciadas (86%, 87% y 88% para los años 2001, 2002 y 2003 respectivamente) obtienen dato de producción a 120 días (lactaciones terminadas), siendo los porcentajes inferiores al hablar de lactaciones ter-

minadas a 150 días de lactación (73%, 74%, y 76%).

La producción media de leche normalizada a 120 días de lactación es de 215 litros, alcanzando los 261 litros a los 150 días de lactación (tabla 3). Estas producciones resultan claramente superiores a las obtenidas por las razas autóctonas como la Churra (119 litros), la Latxa (126 litros), la Manchega (153 litros) (Ugarte *et al.*, 2002), o la Castellana (producciones variables entre 70 y 140 litros) (González *et al.*, 2001) en 120 días de lactación. La duración media de la lactación se sitúa en los 190 días, con producciones medias totales de 300 litros, y un número medio de controles realizados por lactación de 5. En los tres años considerados en el estudio, se ha producido una evolución ligeramente ascendente tanto de las producciones a 120 como a 150 días de lactación (figura 1).

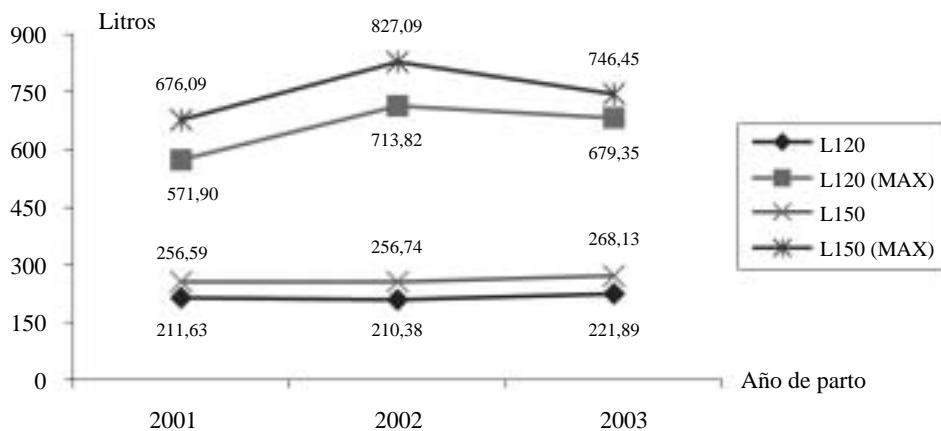


Figura 1. Evolución de las producciones de leche a 120 y 150 días de lactación. L120: Producción media tipificada a 120 días de lactación; L120 (MAX): Valor máximo de la producción tipificada a 120 días de lactación; L150: Producción media tipificada a 150 días de lactación; L150 (MAX): Valor máximo de la producción tipificada a 150 días de lactación.

Figure 1. Evolution of 120d and 150d milk production. L120: Average 120d standardize milk yield; L120 (MAX): maximum value of 120d standardize milk yield. L150: Average 150d standardize milk yield; L150 (MAX): maximum value of 150d standardize milk yield.

Producción de carne

Aunque de menor importancia frente a la producción de leche, en las explotaciones de ovino de raza Assaf también existe una comercialización de corderos cuyo sacrificio se realiza entre los 20 días y el mes de edad, con pesos vivos que oscilan entre los 9-11 kg. Sin embargo, el número de corderos vendidos por oveja y por tanto, los ingresos obtenidos por oveja derivados de la venta de los corderos, son mayores en los rebaños de raza Churra frente a la raza Assaf (Mantecón y Lavín, 1997), determinando la importancia de la venta de lechales de raza Churra en la región de Castilla y León.

En general, en los rebaños de raza Assaf no se practica la lactancia artificial de los corderos, aunque en algunos casos particulares se lleva a cabo con el fin de ordeñar a las madres durante toda la lactación. El destete de los animales tiene lugar unos 45 días después del parto si son corderos utilizados para la reposición, y de 20 días a un mes si su destino es la venta como lechales.

Mejora Genética

Formando parte del programa de selección desarrollado en esta raza, existe un **registro genealógico** de los animales, encontrándose en la tabla 4 la información actual disponible para la provincia de León. Aunque no existe un Libro Genealógico oficial de la raza, dado el escaso recorrido de su esquema de selección y el reciente reconocimiento de la raza en España, si se ha llevado a cabo una recogida de información genealógica por parte de los ganaderos que forman parte de la Asociación. La informatización de estos registros es llevada a cabo por el CSIC de León, recogiendo la información correspondiente del libro de

partos y de la relación de altas y bajas de los animales en cada una de las explotaciones participantes.

Hasta el momento no existe un control de paternidad dentro de las explotaciones, siendo únicamente fiables para las valoraciones genéticas de la raza las paternidades procedentes de las inseminaciones, así como las maternidades anotadas por los ganaderos. La recogida, contrastación y elaboración de dosis seminales para las **inseminaciones** es realizada por la Unidad de Reproducción de la Facultad de Veterinaria de León, que además se encarga de realizar el entrenamiento y la extracción de semen de los machos. Estos animales se encuentran en el Centro de Inseminación Artificial asociado al programa de Mejora Genética, ubicado en la población de San Pedro de Bercianos y propiedad de la Diputación de León. Cada año se incorpora un número determinado de machos jóvenes al Centro, de los cuales y tras el proceso de entrenamiento para la extracción de semen, se eliminan los que presentan problemas en el salto, desarrollan alguna enfermedad o mueren. En el año 2002 se incorporaron 17 machos al centro (13 animales se sometieron a las pruebas de testaje y 4 fueron eliminados por no saltar en vagina artificial). El número de machos incorporados en el año 2003 ha sido superior (46 animales), habiéndose sometido, de momento, 8 animales a las pruebas de testaje correspondientes. Todos los rebaños integrantes del programa de selección están obligados a inseminar como mínimo el 20% de sus efectivos, con el fin de asegurar un número suficiente de hijas de inseminación artificial y permitir la obtención de **machos mejorantes**, así como una adecuada conexión genética de los rebaños. En algunos casos, existe un control de paternidad de los machos de la explotación mediante monta controlada o dirigida.

Tabla 3. Información relacionada con la Producción de leche
 Table 3. Information related to milk production traits

	N	μ	SD	Max	Min
L120	42.321	215,02	81,85	713,82	41,60
L150	36.422	260,90	93,83	827,10	54,45
Producción total	42.321	299,24	133,20	1162,64	41,60
Duración Lactación	42.321	190	52	413	104
Nº controles por Lactación	42.321	5,21	1,64	10	2

N: Número de datos. μ : Media. SD: Desviación Estándar. Max: Valor máximo. Min: Valor mínimo.

Tabla 4. Información Genealógica
 Table 4. Genealogical Information

	2001	2002	2003	General
Animales nacidos	6.103	5.371	4.382	57.107
Nº Padres conocidos (IA+MN)	25+9	27+11	37+18	79+44
Ovejas con padre conocido:	235	306	712	1843
IA	142	203	579	1.504
MN	93	103	133	339
Nº Madres conocidas	2.558	3.116	3.087	11.443
Ovejas con madre conocida	2.958	3.631	3.600	16.357

IA: Inseminación Artificial; MN: Monta Natural.

A pesar de que se ha producido un descenso en cuanto al número de animales nacidos y registrados genealógicamente, se observa un aumento en el número de padres conocidos, así como el de ovejas con padre conocido. Considerando exclusivamente las paternidades procedentes de los machos de IA, el 2,3% de los animales nacidos en el año 2001 tenían padre conocido, aumentando este valor hasta el 13,2% en el año 2003. De igual forma que en el caso de la información paterna, también se ha producido un aumento en cuanto al número de ovejas con madre conocida, con un conocimiento de la genealogía materna en torno al 82% en el año 2003.

Esta mejoría es fruto de las intensas campañas de inseminación artificial que se están realizando en el conjunto de ganaderías de la Asociación que participan en el esquema de selección de la raza Assaf, que se han visto incrementadas a lo largo de los años (tabla 5). En los dos últimos años se ha realizado una media de 4.500 inseminaciones por año, valores, de nuevo, inferiores a los descritos en el esquema de selección de las razas autóctonas españolas que se sitúan entre las 12.000 inseminaciones de la raza Churra y las 28.000 de la raza Latxa (Jurado *et al.*, 2004). Estas inseminaciones comenzaron a realizarse, en ambas razas, en el año 1985 (Ugarte *et al.*, 2002), frente a las de la

raza Assaf que se iniciaron más tarde, en el año 1998.

Del año 2001 al 2002 se ha producido un aumento importante, tanto del número de inseminaciones anuales como el de ganaderías en las que se han llevado a cabo estas operaciones, pasando de una media de 115 inseminaciones por ganadería en el año 2001, a 147 en la siguiente temporada. Sin embargo, en el año 2003 se ha producido un estancamiento (136 inseminaciones por ganadería) ocasionado por la baja en el control lechero de algún ganadero asociado, así como la disminución del número de ovejas inseminadas por explotación. Aunque la mayor parte de las inseminaciones se han efectuado utilizando semen refrigerado, también existe un pequeño porcentaje de inseminaciones intrauterinas con semen

congelado (4,6% en el año 2002 y 2% en el año 2003). Los datos recogidos en la tabla 5 (Información relacionada con las Inseminaciones) ponen de manifiesto el cambio observado en los ganaderos de ovino de Assaf con relación a la aplicación de la Inseminación Artificial en sus explotaciones, así como de su importancia para el desarrollo del programa de selección. En el año 2001, para un total de 32 rebaños sometidos a control lechero (tabla 2) tan solo 20 inseminaron a sus ovejas, variando los intervalos entre 33 y 279 ovejas inseminadas. La evolución ha resultado ascendente en el año siguiente, ya que para un total de 34 ganaderías controladas, 32 han sido las explotaciones en las que se ha practicado la inseminación artificial, aumentando también el rango de ovejas inseminadas.

Tabla 5. Información relacionada con la Inseminación Artificial
Table 5. Information related to Artificial Insemination

	2001	2002	2003
Nº de Inseminaciones	2.290	4.709	4.223
Nº de Ganaderías Inseminadas	20	32	31
Nº medio de Inseminaciones por rebaño:	115	147	136
Máximo	279	901	567
Mínimo	33	25	50
Inseminaciones Intrauterinas (%)	0	4,6	2

Máximo: número máximo de ovejas inseminadas en un rebaño; Mínimo: número mínimo de ovejas inseminadas en un rebaño.

Finalmente y tras el proceso de recogida e informatización de los datos relacionados con el control lechero, registros genealógicos e inseminaciones, se efectúa el tratamiento estadístico de la información y se lleva a cabo la **Valoración Genética y Selección** de los reproductores. Es la Unidad de Mejora Genética Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias de

Madrid (INIA) la encargada de realizar esta valoración, así como las investigaciones encaminadas a la mejora del programa de selección y la elaboración del catálogo de machos. La metodología empleada en la valoración genética es la conocida como BLUP modelo Animal con medidas repetidas. El criterio de selección empleado hasta el momento ha sido la cantidad de leche pro-

ducida en 120 días de lactación, pensando, en un futuro inmediato, utilizar la producción tipificada a 150 días de lactación ante los altos niveles productivos presentados por esta raza (tabla 3). Dada la trayectoria reciente del esquema de selección de la raza Assaf, el aumento de la producción de leche es el principal y único objetivo de selección, no habiéndose considerado la inclusión de parámetros de calidad de la leche, tal y como se realiza en otros esquemas de ovino, como el de las razas Lacaune y Churra (Ugar-*et al.*, 2002).

Cada seis meses se elabora un catálogo de machos cuyo objetivo final es el uso de las valoraciones genéticas como criterio de selección de reproductores dentro del Esquema de Selección Genética que se está

llevando a cabo en las ganaderías. Este catálogo incluye un listado de los sementales valorados genéticamente, así como un listado con las mejores ovejas (las que presentan mejores valores genéticos) que actualmente están vivas y en producción. Una vez procesada la información y elaborado el documento correspondiente, se entrega de forma individualizada a cada ganadero asociado la información propia de su explotación, siendo ésta utilizada para realizar la reposición de los animales del rebaño. Esta información incluye un listado con las 35-40 mejores hembras valoradas genéticamente de su rebaño (pudiendo ser utilizadas como madres del recría), así como el valor genético de cada uno de las ovejas presentes en la explotación, junto con la fiabilidad de la valoración.

Tabla 6. Información relacionada con la Valoración Genética de los animales
Table 6. Information related to Animal Genetic Evaluation

	Mayo-2003	Noviembre-2003	Junio-2004
Lactaciones controladas (Nº ovejas)	90.264 (32.943)	102.657 (38.020)	112.845 (41.331)
Hijas IA con lactación terminada	294	397	578
Hijas IA con lactación no terminada	98	51	46
Nº machos IA en genealogía	62	62	79
Nº machos valorados	42	50	58

IA: Inseminación Artificial.

En la tabla 6 se recoge la información relacionada con las tres últimas valoraciones genéticas realizadas con los datos productivos y genealógicos de la raza Assaf. Se observa un aumento tanto del número total de lactaciones controladas como el de animales sometidos a control lechero, tal y como ya se había descrito al hablar de la información relacionada con el control lechero (tabla 2). En las tres últimas valoraciones se ha obtenido una media de 2,72 lactaciones controladas por oveja. El

número de hijas de IA con lactación terminada aparece como un elemento fundamental en la valoración de los sementales del Centro así como en la obtención de machos mejorantes. Según los datos de las últimas valoraciones genéticas, se ha producido un aumento de este número de hijas, siendo hasta el momento, algo escaso frente al número total de inseminaciones realizadas en los años correspondientes (tabla 5). Esta es la causa de que actualmente el número de machos declara-

dos como mejorantes en el esquema de selección sea todavía bajo. Sin embargo, tanto el número de machos de IA registrados en la genealogía como el de machos valorados se ha visto incrementado en cada nueva valoración, aumento acorde con el del número de hijas con dato de producción.

A la vista de los datos presentados en este trabajo y tras varios años de esfuerzo dedicado a la puesta en marcha y funcionamiento del esquema de selección de la raza Assaf española en la provincia de León, comienza una etapa en la que se puede esperar obtener un progreso genético anual acorde con las expectativas desarrolladas en esta agrupación. La estimación de este progreso genético anual nos indicará si el valor genético medio de la población ha mejorado en el transcurso de los años en los que se ha practicado la selección.

Bibliografía

González C, De la Fuente LF, San Primitivo F, 2001. Situación actual de la raza ovina Castellana. Arch. Zootec., 50, 21-25.

Gonzalo C, 2001. Razas autóctonas (de fomento y protección especial) y extranjeras de aptitud lechera. OVIS, 77, 63-76.

Jurado JJ, Jiménez MA, Serrano M, 2004. Situación de la Mejora Genética Ovina en España. Ozono, Suplemento de Naturaleza El Correo Gallego. Junio-Julio 2004.

Lavín P, Mantecón AR, Villadangos B, López J, Díez P, 2001. Análisis económico de las explotaciones de ovino de leche de raza Assaf. ITEA, Vol. Extra, N°22, Tomo I, 218-220.

Martínez RS, Mantecón AR, Chico D, Anel L, Álvarez M, Jurado JJ, Díaz C, Pérez J, Aparicio N, 1999. Antecedentes históricos y bases de un programa de mejora genética y selección de la raza Assaf española. (E.A.E.-C.S.I.C., ed.). 37 pp. León (España).

Mantecón AR, Lavín P, 1997. Sistemas de producción de las razas Churra y Castellana. En Ovino de leche: aspectos claves. (Buxadé C., ed.). pp. 353-373. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

Mantecón AR, Lavín P, 2001. Ovino, presente y futuro: la raza Assaf. Mundo Ganadero, 136,68-71.

Ugarte E, Serrano M, De la Fuente LF, Pérez-Guzmán MD, Alfonso L, Gutiérrez JP, 2002. Situación actual de los programas de mejora genética en ovino de leche. ITEA, 98A (2), 102-117.

(Aceptado para publicación el 21 de abril de 2005)

Utilización de tubos invernaderos, mulch plástico y polímeros en el establecimiento de encina y acebuche en el semiárido almeriense

R.M.^a Navarro*, J. Moreno*, M.Á. Parra**, J.R. Guzmán*

* Departamento de Ingeniería Forestal.

** Departamento de Agronomía, Escuela de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Avda. Menéndez Pidal s/n, 14080, Córdoba, e-mail: irlnacer@uco.es; teléfono: 34-957-218657 fax: 34-957-218563

Resumen

La supervivencia de las repoblaciones de frondosas en terrenos agrícolas de zonas semiáridas presente importantes limitaciones. En este estudio se evalúa el efecto de varios tipos de tubos invernaderos, mulch e hidrogel en la supervivencia y el crecimiento de encina (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) y acebuche (*Olea europaea* L. *var. sylvestris* Brot.). El tubo SILVITUB obtuvo valores superiores de supervivencia de forma individual y combinada, aunque los resultados no fueron significativos para las dos especies y en todos los ensayos estudiados. Los resultados, aunque parecen indicar que el uso de tubos protectores puede mejorar la supervivencia y el crecimiento de especies de frondosas en condiciones semiáridas, el efecto positivo de su combinación con otros tratamientos como mulch e hidrogeles no parece muy claro, por lo que posiblemente su uso en repoblaciones puede no suponer una mejora suficiente para justificar la inversión que suponen su empleo.

Palabras clave: Forestación de tierras agrarias; *Quercus ilex*; *Olea europaea*; tubos protectores, mulch, hidrogeles.

Summary

Formerly cropped sites that have been planted with hardwoods are typically associated with low tree survival and slow tree growth. This study evaluates the survival and growth of planted Holm oak (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) and wild olive tree *Olea europaea* L. *var. sylvestris* Brot. in response to tree shelter, mulch and hydrogel treatments on a cropland site in southern Spain. The treatments were applied in a multifactorial design, and survival and relative growth rate were monitored over a 1-year period. Trees in the SILVITUB tree shelter treatments consistently had greater levels of survival than the control. Although these effects were not significantly different for both species, we found that tree shelter had a significant effect on growth. The response of trees to tree shelters, mulch and hydrogel are consistent with other studies, and we believe this is due to the complex interplay of microclimate change and resource availability. Our results suggest that tree shelter may improve early survival and growth in forest plantations although its combination with mulch and hydrogel may be inefficient in term of forest plantations.

Key words: Afforestation; *Quercus ilex*; *Olea europaea*; tree shelters, mulch, hydrogel.

Introducción

La actividad de repoblación forestal en zonas semiáridas ha experimentado en los últimos años un notable avance como consecuencia de la incorporación de nuevos cuidados culturales dirigidos a mejorar la supervivencia (Pemán y Navarro, 1996). Entre las mejoras más extendidas se encuentran el uso de tubos invernaderos, mulchs e hidrogeles.

Los tubos invernadero crean un efecto microclimático que, debido a la presencia de un volumen de aire limitado dentro del tubo, inducen un incremento de la temperatura, la humedad relativa y la concentración de anhídrido carbónico, unido a una reducción de la radiación y de la acción física (incluso temporal desaparición) del viento (Potter, 1991; Kjelgren, 1994; Blanco, 1996; Burger et al., 1997; Drupaz y Berger, 1999; Navarro et al., 2001 a). La consecuencia fisiológica inmediata de estas alteraciones es la variación de las relaciones hídricas y del intercambio gaseoso alrededor de la hoja, creando una compleja interacción entre todos estos factores; aunque parece evidente el efecto positivo sobre el crecimiento (Blanco, 1996; Drupaz y Berger, 1999). Los estudios microclimáticos realizados hasta la fecha en ámbitos mediterráneos muestran que en el tubo protector se incrementa la demanda hídrica sobre la planta (Blanco, 1996; Nicolás et al., 1997; Dupraz, 1997 a; Navarro et al., 2001 a). Estas consideraciones han llevado, desde el plano teórico, a predecir efectos negativos del empleo de los tubos protectores en nuestros montes, o a considerar que era conveniente atenuar el estrés hídrico mediante el empleo de tubos perforados. Sin embargo, los resultados encontrados hasta la fecha ponen de manifiesto que, incluso en zonas cálidas y secas, el tubo protector, perforado o no, ha mejorado o ha mantenido los valo-

res de supervivencia en especies de temperamento delicado (Nicolás et al., 1997; Navarro y Martínez, 1996; Drupaz, 1997 b; Navarro et al., 1998, 2001 b), siendo menos numerosos los casos en los que los efectos de su empleo hayan sido negativos (Costelo et al., 1996).

La modificación de todas estas variables microclimáticas altera también la morfología de la planta. El efecto más conocido del tubo es el incremento de la planta en altura (Potter, 1991); sólo en algunos casos, constatados en áreas mediterráneas secas, la altura no ha sido significativamente superior, atribuyéndose esta baja respuesta a la falta de humedad del suelo (Costelo et al., 1996). Por otra parte, el crecimiento en diámetro se comporta, a menudo, de forma diferente al crecimiento en altura; por lo general, el tubo no afecta significativamente a este parámetro, o lo hace negativamente, debido al estímulo de crecimiento en altura (aumento de la esbeltez) y a la ausencia del movimiento de balanceo que sufre la planta sin protección (Potter, 1991; Kjelgren et al., 1994; Ponder, 1995; Navarro et al., 1998; 2001 b; Oliet et al., 2000). Una vez la planta ha superado la altura del tubo, el balanceo del árbol, junto con la insolación directa, tiende a reducir el efecto inicial del tubo sobre la morfología de la planta (Burger et al., 1997; Navarro et al., 1998). Aunque las diferencias en altura parece que se mantienen a medio plazo en condiciones atlánticas (Potter, 1991), esto no parece ocurrir en clima mediterráneo (Oliet et al., 2000).

Los mulchs son piezas de plástico, material textil o de fibras vegetales de sección variable (cuadrada, rectangular o circular) que son colocadas alrededor de la planta para mejorar el éxito en el establecimiento. El efecto beneficioso de los mulch se debe a la mejora de las condiciones de humedad del suelo, en particular en los horizontes profundos, derivados de la reducción de la compe-

tencia por vegetación arvense, disminución de las pérdidas de agua del suelo, debido a que restringen la transpiración y la evaporación, así como una regulación de la temperatura del suelo (Haywood; 1999, 2000). En términos de supervivencia los mulchs no presentan resultados concluyentes. En determinados ensayos, ésta experimentó una mejora considerable (Gupta, 1991), mientras que en otros la supervivencia no se diferenció del testigo (Oliet et al., 1997; Haywood, 2000; Navarro et al., 2004), debido posiblemente a las condiciones climáticas que reducen considerablemente la competencia y las diferencias de humedad entre tratamientos.

Los hidrogeles son polímeros que se incorporan con el fin de mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas (Callagan et al., 1989). En los ensayos que se han realizado en repoblaciones forestales, estos polímeros hidrófilos han mostrado que mejoran la disponibilidad de agua para la planta (Kjergren et al., 1994), aunque la importancia y persistencia de este efecto no está evaluado adecuadamente (Lenvain y De Boodt, 1976; Kjergren et al., 1994; Save et al., 1995; Hüttermann et al., 1999). En climas de tendencia a la aridez se han encontrado incluso respuestas negativas de la supervivencia (Wilson et al., 1991). Ello puede explicarse por el posible desigual comportamiento del producto bajo ciertos niveles de hidratación con lluvias escasas, que provocan una disminución de la disponibili-

dad de agua para la planta por retención de la misma por parte del hidrogel. En conjunto, la respuesta a los hidrogeles, aunque aparentemente puede ser favorable, presenta una gran variabilidad según las especies y las condiciones edáficas, existiendo dudas sobre la importancia relativa de estas mejoras frente a otros aspectos de la repoblación, como son los tipos e intensidad de la preparación (Kjergren et al., 1994) o el control de la vegetación espontánea (Roth y Newton, 1996).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto del uso de tubos protectores, mulch e hidrogel en la supervivencia y crecimiento de dos especies de frondosas mediterráneas (*Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. y *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.).

Materiales y métodos

Descripción de la localización del ensayo

La parcela en estudio se encuentra en el paraje conocido como "Cortijo Alcalá", el cual pertenece al Término Municipal de Velefique de la Provincia de Almería. Se sitúa en la vertiente Sur de la Sierra de los Filabres, entre las poblaciones de Senés y Velefique, con un fitoclima IV (III)₁, Mediterráneo subdesértico subtropical (Allue, 1990), y precipitación media de 269,7 mm (tabla 1).

Tabla 1. Precipitación media mensual y total de la estación de Gérgal (mm). Comparación de la serie media 1951-98 con los años de estudio

Table 1. Monthly average rainfall (mm) at Gergal. Data recorded between 1951-1998

Años	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Total
1951-98	25,2	24,1	27,4	25,0	33,4	14,5	3,4	3,8	22,5	32,3	29,5	28,6	269,7
1998	10	12	13	0	24,5	0	0	0		0	2	34	95,5

La plantación se encuentra situada en una ladera con orientación sur y una pendiente media del 30%. La litología de la parcela está constituida fundamentalmente por micaesquistos grafitosos con granate y con intercalaciones de cuarcitas; en ocasiones aparecen intercalaciones de rocas carbonatadas.

Los suelos se encuadran en el orden Entisol, y encajan en la definición del suborden Orthent, y como el régimen de humedad es Xérico, pertenecen al gran grupo Xerorthent líticos (tabla 2). Los niveles de materia orgánica son deficientes en ambos horizontes. El complejo de cambio se encuentra saturado, siendo el Calcio el catión domi-

nante, a continuación el Magnesio y niveles muy bajos de Sodio y Potasio en el segundo horizonte y nulos en el primero, mostrando un pH neutro.

La vegetación dominante esta constituida por un retamar (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.), junto al que destacan el esparto (*Stipa tenacissima* (L.) Kunth), la bolina (*Genista umbellata* (L'Her.) subsp. *equitiformis* (Spach) Rivas Goday & Rivas Mart.) y la artemisia (*Artemisia herba-alba* Asso). Por encima de la franja semiárida, en la que se encuentra la finca, aparecen los primeros restos del encinar (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.).

Tabla 2. Resultados analíticos del perfil edáfico de la parcela
Table 2. Soil parameters at experimental plot

Hor.	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CO ₃ Ca (%)
Ah	0-24	72	20.6	7.4	0.24
AC	24-57	55.8	31.3	12.9	0.30

Hor.	%		Bases y capacidad (meq/100 g)					P.S.B.	pH	Asimilable (ppm)	
	M.O.	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	C.I.C.			Fósforo (Olsen)	Potasio
Ah	1,37	0,07	5,51	1,27	0	0	6,07	100	7,4	Nd.	Nd.
AC	0,96	0,08	7,55	2,04	0,02	0,07	8,4	100	6,8	Nd.	Nd.

Diseño de la experiencia

Las especies utilizadas han sido *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. (acebuche) y *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. (encina).

Dada la abundancia de productos comerciales utilizados en repoblaciones para la mejora de las condiciones de establecimiento, se seleccionó entre aquellos que se vie-

nen utilizando con asiduidad y que basan su principio de acción en supuestos que afectan en sentidos diferentes la respuesta de la planta (tabla 3).

El diseño experimental de la parcela se realizó para evaluar la respuesta de la plantación en supervivencia y crecimiento, por lo que se hizo un ensayo multifactorial que comprende a los 5 productos utilizados: para cada especie, tres niveles de tubo protector silvi-

Tabla 3. Descripción de los productos empleados en el estudio
 Table 3. Main characteristics of treeshelters, mulch and hydrogel used in the experiments

Nombre	Forma y medida	Material	Color	Tipo
Silvitub® SI	Cilíndrico 60 cm altura 9,5 cm diám.	Polipropileno extruido	Marrón claro	No ventilado
Malla cinegética MI	Cilíndrico 60 cm altura 100 cm diám.	Malla plástica	Verde	No ventilado
Tubo marrón TM	Cilíndrico 60 cm altura 10 cm diám.	Polietileno	Negro	Ventilado
Mulch plástico MU	Cuadrado 50 x 50 cm	Plástico	Negro	

Nombre	Formato	Composición	Aplicación	Dosis
Terracott® TE	Granular	Polímeros hidrófilos, abonos minerales solubles y de liberación lenta y estimuladores del crecimiento	Hidratado y en mezcla con el suelo del hoyo	15 g/planta

tub (SI), malla cinegética (MI) y tubo marrón (TM) y dos mejoradores del suelo, mulch plástico (MU) e hidrogel (TE), incluido un testigo al que no se le aplicó ningún mejorador y/o protector. La parcela experimental se dividió en tres bloques completos al azar con 16 tratamientos por especie. El bloque estuvo formado por 16 líneas de 15 plantas, que se dispusieron en una fila siguiendo los surcos del subsolado a una distancia entre plantas adyacentes de 1,5 m y una separación entre líneas de 3 m aproximadamente. Como resultado, se dispuso de 240 pies de la misma especie por bloque, 720 pies en total para cada especie y 1440 plantas para todo el conjunto del ensayo.

Las labores de preparación del terreno para la plantación consistieron en un subsolado con *ripper* de un solo vástago a 60 cm con tractor oruga de 120 C.V. dejando un espa-

cio entre las líneas de subsolado de 3 m; se efectuaron dos pasadas en el mismo surco. Dicha actuación se llevó a cabo en el mes de agosto de 1997. La plantación se realizó de forma manual, siguiendo las líneas del subsolado previo. La densidad fue de 2222 pies/ha aproximadamente, en un marco de 3 x 1,5 m. La distribución de las especies y tratamientos siguió el diseño ya comentado anteriormente. Estas labores se ejecutaron durante el mes de enero de 1998. El mejorador (Terracottem) se incorporaba hidratado en el hoyo, y el mulch y los tubos protectores fueron colocados inmediatamente después al establecimiento del repoblado.

Mediciones

La medición de altura se llevó a cabo en el campo con regla milimetrada, mientras que

para el diámetro de los árboles se utilizó un calibre digital marca Mitutoyo ($\pm 0,2$ mm). La supervivencia se evaluó sobre el total de plantas: 1.440 plantas. Las fechas en que tuvieron lugar estas tareas fueron del 30/03/98 al 02/04/98 y 27/10/98 al 30/10/98

Para establecer posibles influencias en el contenido de agua en el suelo de los tratamientos ensayados, se realizaron medidas de humedad del suelo en 6 fechas diferentes durante el periodo seco. Cada medida se realizó en dos árboles a 15 cm del tallo, a dos profundidades, la primera en superficie (10 cm de profundidad) y la segunda a 40 cm de profundidad, mediante la apertura de un hoyo con una barrena edafológica, el hoyo era posteriormente cerrado. Las medidas fueron rotando según las agujas de un reloj en seis sectores circulares alrededor de la planta. La medición de la humedad se efectuó cada quince días, desde el 01 de julio hasta el 15 de septiembre de 1998. En las medidas de humedad de suelo se utilizó un equipo ThetaProbe ML2x (Soil Moisture Sensor). Es un método indirecto, no destructivo, para medir el contenido de agua en el suelo (www.delta-t.co.uk).

Tratamiento estadístico de los datos

Con objeto de estudiar las posibles diferencias existentes entre los tratamientos puestos en práctica en el experimento se ha realizado un análisis comparativo de la supervivencia. No se consideró la aproximación paramétrica para llevar a cabo estas comparaciones entre tratamientos debido a que el número de elementos de cada repetición ($n=15$) no garantiza la normalidad de los datos (Sokal y Rohlf, 1995). Por ello, la comparación entre los diversos tratamientos se hizo mediante el algoritmo no paramétrico Tabla de mortalidad y el estadístico W de Wilcoxon. Las comparaciones se establecieron tomando, para cada uno de los factores

estudiados, un grupo control que permitiera discernir su efecto. Se utilizó un nivel de significación del 5%, y para cada una de las comparaciones entre los factores estudiados se analizaron las diferencias existentes en el crecimiento relativo de las plántulas supervivientes. La humedad del suelo se analizó mediante un análisis de la varianza, cuando las diferencias han sido significativas se ha realizado un test de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significación del 0,05. El programa estadístico utilizado fue SPSS (Versión 8.0 1S, SPSS Inc.).

Resultados

Humedad del suelo

En la tabla 4 se muestran los valores medios de humedad volumétrica en superficie y en profundidad en cada una de las fechas.

En las medidas de humedad de suelo en superficie (10 cm), se encontraron tres grupos con diferencias significativas en la primera medición, un máximo para silvitub-hidrogel ($0,040 \text{ m}^3/\text{m}^3$) y un mínimo para mulch ($0,017 \text{ m}^3/\text{m}^3$). Esta situación varía en la segunda medición donde no hay diferencias significativas. En la tercera medición, sólo hay diferencias entre el tratamiento silvitub-mulch-hidrogel ($0,022 \text{ m}^3/\text{m}^3$) y el resto de los tratamientos; y se observa una progresiva pérdida de humedad con relación al muestreo anterior. En la cuarta medición aparecen cuatro grupos diferenciados, la mayor humedad es para silvitub-mulch-hidrogel ($0,024 \text{ m}^3/\text{m}^3$) y la menor para hidrogel ($0,003 \text{ m}^3/\text{m}^3$); continúa el descenso alcanzándose los mínimos del periodo registrado. En la quinta medición el análisis arroja diferencias entre tratamientos, con un incremento del contenido de humedad en todos los tratamientos, que va desde el valor máximo para hidrogel

Tabla 4. Valores medios de la humedad del suelo (m^3 agua/ m^3 suelo) en superficie (10 cm de profundidad) y a 40 cm de profundidad en cada una de las fechas y tratamientos. Valores seguidos por distinta letra difieren significativamente al 5% para el Test de Tukey. N=8. (Notación ver tabla 3, CO=control)

Table 4. Average soil moisture (m^3 water/ m^3 soil) at 10 cm depth and 40 cm depth according to type of treatment (Mean values). Different letters indicate significant differences between treatments at $P \leq 0.05$ (ANOVA, Tukey test).

10 cm	1-07-98	15-07-98	1-08-98	15-08-98	1-09-98	15-09-98
CO	0,028ab	0,010a	0,011b	0,007bc	0,010c	0,031ab
SI	0,019b	0,010a	0,011b	0,007bc	0,010c	0,024b
TE	0,020b	0,014a	0,006b	0,003c	0,028a	0,031ab
MU	0,017b	0,011a	0,009b	0,006bc	0,020abc	0,029b
SI-TE	0,040a	0,014a	0,010b	0,011bc	0,012bc	0,031ab
SI-MU	0,016b	0,015a	0,011b	0,017 ab	0,025ab	0,045 a
MU-TE	0,019b	0,014a	0,011b	0,017 ab	0,018abc	0,030ab
SI-MU-TE	0,022b	0,019a	0,022a	0,024 a	0,014abc	0,045 a
40 cm	1-07-98	15-07-98	1-08-98	15-08-98	1-09-98	15-09-98
CO	0,052ab	0,039	0,081	0,108 a	0,027	0,053abc
SI	0,047bc	0,094	0,056	0,021b	0,040	0,040c
TE	0,046bcd	0,161	0,100	0,022b	0,087	0,045c
MU	0,038d	0,120	0,081	0,017b	0,032	0,050bc
SI-TE	0,057a	0,117	0,058	0,022b	0,029	0,051bc
SI-MU	0,047bc	0,152	0,106	0,033ab	0,044	0,066 a
MU-TE	0,041cd	0,120	0,080	0,034ab	0,023	0,049bc
SI-MU-TE	0,049abc	0,137	0,083	0,021b	0,028	0,060ab

(0,028 m^3/m^3) hasta el mínimo en el control (0,010 m^3/m^3). Finalmente en la última medida encontramos tres grupos con diferencias significativas, en el primero silvitub-mulch-hidrogel (0,045 m^3/m^3) y en el último silvitub (0,024 m^3/m^3); con un aumento respecto de la anterior medición.

Para la medida en profundidad (40 cm), en la primera medición se encontraron cuatro grupos con diferencias significativas, un máximo para silvitub-hidrogel (0,057 m^3/m^3) y un mínimo para mulch (0,038 m^3/m^3). Esta situación varía en la segunda medición donde no hay diferencias significativas y se alcanzan valores más altos de humedad, así

el hidrogel (0,161 m^3/m^3) tuvo el valor superior y el control (0,039 m^3/m^3) el inferior. Comparados con los primeros datos el ascenso es significativo, alcanzándose los máximos absolutos de los tres meses de muestreo, excepto para control, que se posiciona muy por debajo del conjunto y que es el único que no sigue un camino ascendente. En la tercera medición, en el análisis de los valores de profundidad no hay diferencias entre tratamientos; el máximo corresponde a silvitub-mulch (0,106 m^3/m^3) y el mínimo a silvitub (0,056 m^3/m^3); se observa una pérdida significativa de humedad con relación al muestreo anterior menos para control, que

presenta un comportamiento contrario al resto y asciende. Las pendientes de las rectas de descenso son similares entre los tratamientos. En la cuarta medición aparecen dos grupos diferenciados, la mayor humedad es para el control (0,108 m³/m³) y la menor para el mulch (0,017 m³/m³); continúa el descenso alcanzándose para algunas combinaciones los valores mínimos del periodo registrado, el control vuelve a invertir la tendencia general y aumenta considerablemente situándose muy por encima del resto, que permanecen dentro de un estrecho margen. En la quinta medición el análisis no arroja diferencias entre tratamientos, el intervalo de variación va desde hidrogel (0,087 m³/m³) hasta mulch-hidrogel (0,023 m³/m³), y se aprecia una ligera recuperación de humedad menos para mulch-hidrogel y el control. Finalmente en la última medida encontramos tres grupos con diferencias significativas, en el primero silvitub-mulch

(0,066 m³/m³) y en el último silvitub (0,041 m³/m³); con un leve aumento respecto de la 5ª medición excepto para el hidrogel que desciende y el silvitub que se mantiene.

Supervivencia y atributos morfológicos

Supervivencia

En la tabla 5 se recogen por especies los resultados del conteo de supervivencia llevado a cabo en el mes de Octubre de 1998.

El test de Wilcoxon para acebuche establece diferencias significativas entre los tratamientos de malla frente a silvitub y de tubo marrón frente a silvitub. La comparación entre el uso de hidrogel, sin otro tratamiento, no presenta diferencias significativas, al igual que el uso de malla con hidrogel versus malla sin hidrogel. Sin embargo, para los otros dos tubos sí hay diferencias significativas, tanto para el uso combinado de silvitub

Tabla 5. Supervivencia de acebuche y de encina para los tratamientos al final del ensayo
Table 5. Survival rate of Holm oak and wild olive tree according to type of treatment (Mean values)

Tratamiento	Supervivencia	Supervivencia	Supervivencia	Supervivencia
	03-98	10-98	03-98	10-98
	Acebuche		Encina	
Testigo	88%	7,5%	100%	26,7%
Malla	97%	2,3%	88%	40,0%
Silvitub	100%	13,3%	100%	36,6%
Marrón	100%	0%	93%	14,3%
Mulch	88%	8,8%	100%	2,2%
Hidrogel	100%	0%	100%	31,1%
Malla + hidrogel	100%	0%	100%	26,7%
Silvitub + hidrogel	100%	37,8%	100%	39,5%
Marrón + hidrogel	100%	8,9%	100%	20%
Malla + mulch	100%	11,1%	100%	33,3%
Silvitub + mulch	100%	35,6%	97%	29,5%
Marrón + mulch	100%	0%	100%	9,7%
Hidrogel + mulch	100%	0%	100%	25%
Malla + hidrogel + mulch	100%	2,2%	100%	5%
Silvitub + hidrogel + mulch	100%	15,6%	100%	25%
Marrón + hidrogel + mulch	100%	20,0%	100%	25%

con hidrogel, como de tubo marrón con hidrogel, respecto a los tratamientos en los que solamente se han utilizado tubos.

En cuanto al uso del mulch, el tratamiento frente al control no presenta diferencias significativas, y lo mismo ocurre en los tratamientos combinados de malla y mulch y tubo marrón con mulch. Sin embargo, de nuevo el tratamiento de silvitub con mulch sí es significativo, así como el de tubo marrón con mulch. Los tratamientos silvitub-mulch-hidrogel y silvitub-hidrogel se sitúan en el primer grupo muy por encima del control; en situaciones intermedias y por orden decreciente encontramos silvitub y silvitub-mulch; el resto de tratamientos arroja valores de supervivencia muy bajos, dentro de la horquilla 3,2%-33,7%. Del tratamiento hidrogel no logra sobrevivir ningún árbol. Para el acebuche, al final del ensayo los tratamientos pueden ordenarse en función de la supervivencia (>10%) de la siguiente forma: Silvitub+hidrogel, Silvitub+mulch, tubo marrón+hidrogel+mulch, Silvitub, Malla+Mulch.

El test de Wilcoxon para encina no establece diferencias significativas entre los trata-

mientos de tubo, sólo es significativa la diferencia entre tubo marrón y malla.

La comparación entre el uso de hidrogel respecto al control no presenta diferencias significativas, al igual que el uso de malla con hidrogel versus malla sin hidrogel y hidrogel combinado con silvitub y tubo marrón respecto a los tratamientos sólo de los tubos.

En cuanto al uso del mulch, el tratamiento frente al control sí presenta diferencias significativas, pero es no significativa en los tratamientos combinados de malla y mulch y silvitub con mulch. Sin embargo, de nuevo el tratamiento de tubo marrón con mulch sí es significativo. Para la encina, al final del ensayo los tratamientos pueden ordenarse en función de la supervivencia (>30%) de la siguiente forma: malla, silvitub-hidrogel, silvitub, malla-mulch, hidrogel.

Crecimiento

En las tabla 6 y 7 se muestran los valores de altura y diámetro para ambas especies correspondientes a las dos mediciones realizadas, así como las tasas de crecimiento mensual para ambas variables.

Tabla 6.- Crecimiento de acebuche (H_1 =altura inicial, H_2 =altura final, \varnothing_1 =diámetro inicial, \varnothing_2 =diámetro final, TCRH=tasa de crecimiento mensual en altura y TCR \varnothing =tasa de crecimiento mensual en diámetro)

Table 6.- Average growth rates (H_1 =initial height, H_2 =final height, \varnothing_1 =initial diameter, \varnothing_2 =final diameter and relative growth rates of height (RGRH) and basal diameter (RGR \varnothing) of wild olive tree according to type of treatment

Tratamiento	H_1 (cm)	\varnothing_1 (mm)	H_2 (cm)	\varnothing_2 (mm)	TCRH (cm mes ⁻¹)	TCR \varnothing (mm mes ⁻¹)
Control	6,9	1,53	9,7	2,97	0,048	0,094
Silvitub	5,4	1,71	13,03	2,32	0,125	0,043
Mulch	5,35	1,86	9,17	2,12	0,076	0,018
Hidrogel	5,96	1,86	0	0		
Silvitub-hidrogel	6,36	1,74	20,1	3,23	0,164	0,088
Silvitub-mulch	4,69	1,77	12,9	3,13	0,144	0,081
Mulch-hidrogel	5,9	1,56	9,42	3,5	0,066	0,115
Silvitub-mulch-hidrogel	5,44	1,43	0	0		

Tabla 7. Crecimiento de encina (H_1 =altura inicial, H_2 =altura final, \varnothing_1 =diámetro inicial, \varnothing_2 =diámetro final, TCRH=tasa de crecimiento mensual en altura y TCR \varnothing =tasa de crecimiento mensual en diámetro).

Table 7. Average growth rates (H_1 =initial height, H_2 =final height, \varnothing_1 =initial diameter, \varnothing_2 =final diameter) and relative growth rates of height (RGRH) and basal diameter (RGR \varnothing) of Holm oak according to type of treatment

Tratamiento	H_1 (cm)	\varnothing_1 (mm)	H_2 (cm)	\varnothing_2 (mm)	TCRH (cm mes ⁻¹)	TCR \varnothing (mm mes ⁻¹)
Control	24,55	3,6	24,57	5,24	0,0001	0,0536
Silvitub	20,31	3,59	29,66	4,09	0,054	0,018
Mulch	24,01	3,68	17,83	5,2	-0,0425	0,0493
Hidrogel	27,14	3,57	25,16	5,41	-0,010	0,0593
Silvitub-hidrogel	28,09	3,92	36,42	6,43	0,037	0,0706
Silvitub-mulch	24,01	4,09	33,82	5,36	0,048	0,0386
Mulch-hidrogel	25,7	4,01	34	6,63	0,0399	0,0718
Silvitub-mulch-hidrogel	25,44	3,64	42,69	5,2	0,0739	0,0509

Los resultados del crecimiento entre tratamientos para ambas especies no permiten hacer comparaciones para acebuche, dando el escaso número de planta viva, y no resultan significativas para el caso de encina.

En acebuche, en la segunda medida, independientemente de la existencia de diferencias significativas, la altura máxima corresponde a silvitub-hidrogel (20,1 cm), el mínimo a mulch (9,17 cm). En cuanto al diámetro, en la segunda medición el valor superior corresponde a silvitub-hidrogel (3,23 mm) y el inferior al mulch (2,12 mm). En línea con experiencias previas los mayores diámetros se alcanzan con tratamientos que no proporcionan sombreado, y de existir éste es moderado (caso de los tubos claros). La mayor TCR en altura ha correspondido a silvitub-hidrogel (0,164 cm mes⁻¹), y el valor inferior al control (0,048 cm mes⁻¹). A pesar del escaso contraste, se puede detectar cierta tendencia al incremento del crecimiento en altura en las combinaciones que incorporan SI; por el contrario, el crecimiento se ralentiza en ausencia de tubo. Por últi-

mo, para la tasa de crecimiento relativo en diámetro, ha variado entre un máximo para mulch-hidrogel (0,0115 mm mes⁻¹) y un mínimo para el mulch (0,018 mm mes⁻¹). Una vez más y al hablar de diámetros, se observa un incremento en los tratamientos que incluyen silvitub en combinación con mulch y/o hidrogel.

En encina, el máximo valor de altura corresponde a silvitub-mulch-hidrogel (42,69 cm) y el inferior para el hidrogel (17,83 cm), el resto adopta valores intermedios entre los anteriores y por lo general superando al control (24,57 cm). Al observar la tabla 7, queda patente el efecto promotor de los tubos sobre la altura, mientras que los tratamientos sin tubo o cuando este es de malla cinagética alcanzan alturas menores, aunque en general por encima del control. Es difícil realizar consideraciones respecto a la influencia de la utilización de mulch o Terracottem, simplemente indicar que 2 de los 4 mejores tratamientos en cuanto a altura final incorporan mulch (silvitub-mulch-hidrogel), y otros dos hidrogel (silvitub-mulch-hidrogel y silvitub-hidro-

gel). Respecto al diámetro, silvitub-hidrogel (6,43 mm) se sitúan como las combinación con mayor diámetro mientras que el control, mulch y silvitub-mulch-hidrogel (5,2 mm) tienen los valores menores; el resto obtienen valores intermedios. Se observa que los tratamientos que no incorporan tubo protector muestran diámetros altos. Así mismo Silvitub (coloración clara) cuando se combina con mulch o Terracottem proporciona buenos resultados. En cuanto al mulch, no parece favorecer el incremento de diámetro por sí solo (5,2 mm), pero sí combinado con Terracottem (6,63 mm). Por otra parte, el hidrogel en solitario obtiene peores resultados que el control, pero asociado con mulch o con Silvitub se sitúa en el grupo estadístico superior (mulch-hidrogel: 6,63 mm y silvitub-hidrogel: 6,43 mm).

En altura la mayor tasa de crecimiento relativo corresponde al tratamiento silvitub-mulch-hidrogel ($0,0739 \text{ cm mes}^{-1}$) y los menores al control ($\cong 0 \text{ cm mes}^{-1}$). En el caso de hidrogel y mulch los crecimientos son negativos, lo que corresponde con la pérdida completa de parte aérea seguida de un rebrote posterior. La encina responde con mayores crecimientos en altura con silvitub, mientras que, cuando no recibe ningún tipo de sombreado como en el caso de no contar con tubo protector el crecimiento en altura se ve ralentizado. Por otro lado, la inclusión de mulch en las combinaciones también parece favorecer el crecimiento en altura, siempre y cuando se combine con los tubos que aportan reducción de la luminosidad (silvitub y tubo marrón). Los tratamientos que incluyen hidrogel combinado con los tubos anteriores alcanzan resultados intermedios. Los resultados de la tasa de crecimiento relativos mayores en el diámetro se han obtenido para mulch-hidrogel ($0,0718 \text{ mm mes}^{-1}$) y silvitub-hidrogel ($0,0716 \text{ mm mes}^{-1}$). La

influencia derivada de la utilización o no de mulch e hidrogel no se refleja con claridad, anotar simplemente que los dos tratamientos con mayor crecimiento diametral incorporan Terracottem.

Discusión

La supervivencia obtenida en este ensayo para encina y acebuche ha sido baja, alcanzándose el 100% de marras en algunos de los tratamientos, como consecuencia de las condiciones de extrema sequía experimentadas a lo largo del año 1998, con una precipitación del 35% respecto a la media. No obstante, los valores obtenidos en otros tratamientos no difieren mucho de los valores medios obtenidos en trabajos de forestación de tierras agrarias en Almería en años con precipitaciones más próximas a los valores medios (Sánchez *et al.*, 2004). Por tanto, a pesar de la excepcionalidad del año puede considerarse que los resultados sirven para evaluar el efecto de los tratamientos ensayados y orientar en cuanto a su aplicación en futuras repoblaciones.

El efecto de los tubos sobre la supervivencia es variable, dependiendo, de la especie. El tubo silvitub, tubo invernadero no ventilado, ha mejorado la supervivencia en ambas especies, mientras que la malla cinética sólo incrementa los valores de supervivencia en encina. El tubo marrón no mejora los resultados del control en ninguna de las dos especies. La mejora de la supervivencia observada en el caso de silvitub puede estar relacionada con el cambio de las condiciones microclimáticas en el interior del tubo. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos por otros autores en condiciones semiáridas (Bellot *et al.*, 2002; Oliet *et al.*, 2003) puede suponerse que la planta ha estado sometida a un mayor estrés hídrico al interior del tubo. Esta situación es diferen-

te a la observada en otras localizaciones de mayor humedad edáfica y de mayores desarrollos vegetativos del repoblado, donde el déficit de presión de vapor es inferior en el interior del tubo (Potter, 1991; Kjelgren y Rupp, 1997; Berger y Dupraz, 2000). No obstante, hay numerosas dudas sobre la interpretación de las variaciones microclimáticas inducidas por los tubos invernadero (Druzpaz y Berger, 1999). En nuestra opinión el incremento de la supervivencia puede estar más relacionado con la reducción de la radiación (Navarro et al., 2004), la disminución de la acción del viento en el crecimiento inicial de la planta y a un fenómeno de aporte residual de agua por condensación de rocío, observado en este trabajo, así como en otras localizaciones costeras (Navarro et al., 1998).

En el caso del acebuche, las deferencias de supervivencia asociadas al uso de tubos, puede ser explicada atendiendo a la coloración oscura del tubo, que puede provocar reducciones importantes en la radiación disponible, lo que impide alcanzar valores adecuados para una buena actividad fotosintética (Burger et al., 1992; Dupraz, 1997 b). Por el contrario, la encina, especie de media sombra, tiene una mayor supervivencia cuando se utilizan los tubos más oscuros, en particular la malla. Una primera conclusión de este trabajo parece indicar que en clima semiárido, y en general localizaciones con alta radiación, es necesario adecuar el color del tubo al temperamento de la especie, pudiendo no ser recomendables su uso para especies heliófilas (Oliet et al., 2003), y emplear tubos relativamente oscuros para especies de temperamento más delicado.

El efecto de los tratamientos sobre la altura y el diámetro no es fácil de interpretar dado el escaso número de planta que ha sobrevivido. En términos generales, y sin evidencia estadística significativa, se ha corroborado

el efecto inductor del crecimiento en altura de los tubos, tanto silvitub como tubo marrón, ya observado en otros ensayos (Potter, 1991; Kjelgren, 1994; Ponder, 1995; Dupraz, 1997 b; Navarro et al. 1998; 2001 b; Oliet et al., 2003), resultando más evidente en encina que en acebuche. También se observa un efecto depresor del diámetro por acción de los tubos, en particular silvitub y el tubo marrón, también observado en otros ensayos.

Los mulchs plásticos no han mejorado la supervivencia como tratamiento individual, lo cual coincide con lo observado por otros autores (Oliet et al., 1997; Navarro et al., 2004). Estos resultados pueden estar justificados por el hecho de que el efecto beneficioso sobre las condiciones de humedad del suelo se produce cuando el suelo recibe un aporte de precipitación abundante al menos durante un periodo suficientemente largo. En caso de poca precipitaciones, y/o producidas en eventos de escasa precipitación que no permiten una adecuada recarga del suelo, el mulch, y en particular las cubiertas plásticas, pueden resultar contraproducentes al reducir el aporte de agua del suelo al actuar como una barrera a la infiltración. En el crecimiento en altura y diámetro, y sobre la planta que ha sobrevivido, si parece que hay un efecto positivo del mulch, aunque no se haya podido corroborar estadísticamente.

El hidrogel es el tratamiento que alcanza los valores más bajos en todos los tratamientos ensayados para acebuche, inferiores incluso al control cuando se utiliza individualmente. Sin embargo, en el caso de la encina el efecto parece ser positivo, tanto de forma individual como combinado con otros tratamientos. El efecto de la aplicación de polímeros sobre el uso del agua del suelo es muy controvertido, habiéndose considerado que induce un claro efecto positivo sobre la capacidad hídrica del

suelo (Al-Darby, 1996), aunque asociado al empleo de riego. La aplicación de hidrogeles ha demostrado un incremento del potencial hídrico en las plantas durante las primeras etapas del establecimiento, lo cual indica un transporte del agua almacenada desde el polímero hasta las raíces (Savé et al., 1995; Hüttermann et al., 1999). Sin embargo, este efecto parece atenuarse al avanzar el período seco, debido probablemente a un descenso de la humedad realmente disponible para la planta. Aunque los polímeros se incorporan hidratados (como en nuestro caso), cuando las precipitaciones son muy escasas (o no hay disponibilidad de riego) el potencial hídrico del suelo es muy bajo, lo que hace que la raíz y el hidrogel entren en competencia por el agua. Muchos de los ensayos con estos productos se han realizado en condiciones que permiten la rehidratación de los hidrogeles cuando el potencial hídrico del suelo descendía hasta un valor determinado de potencial. La capacidad de absorción del agua de los polímeros se ve también reducida por la concentración de iones en el suelo (Tu et al., 1985; Lamont y O'Connell, 1987) lo cual puede resultar perjudicial en suelos muy arcillosos, como es el caso de la zona de ensayo, frente a suelos arenosos (Al-Darby, 1996). Como tratamiento individual, el hidrogel no parece ser un tratamiento alternativo al uso de tubos, en particular para acebuche, pero también para encina a pesar del ligero incremento de supervivencia observado.

Los tratamientos combinados corroboran los resultados obtenidos en los tratamientos individuales. En el caso del acebuche el efecto beneficioso del silvitub se ve incrementado cuando se combina con hidrogel y mulch. Es posible pensar en una mejora de las condiciones de humedad relacionadas con los fenómenos de condensación y almacenamiento de agua en el suelo, lo

cual parece indicar, aunque de forma no categórica, los resultados de humedad registrados en el suelo (tabla 4), ya que durante el mes de agosto son estos los tratamientos que mantienen valores superiores de humedad en el suelo. En el caso de la encina este efecto no es tan evidente, y no aparece un incremento importante de la supervivencia en ninguno de los tratamientos combinados, en particular si comparamos los resultados obtenidos sólo con el silvitub y en combinación con hidrogel y mulch. Posiblemente, en este caso, fue más determinante en el proceso de arraigo el efecto de reducción de la radiación, dado el temperamento de la especie, frente a las mejoras introducidas por los otros tratamientos. Las tasas de crecimiento en altura y diámetro presentan también diferencias entre tratamientos, aunque no se haya podido corroborar estadísticamente. Los tratamientos combinados con tubos han mantenido el efecto positivo sobre el crecimiento en altura, al igual que ha ocurrido en otros ensayos (Navarro et al., 2004), y a reducir el crecimiento en diámetro (Navarro et al., 2004), aunque este efecto ha sido atenuado cuando se ha combinado el tubo con mulch e hidrogel, donde parece que se favorecen el crecimiento en diámetro en detrimento del crecimiento en altura a pesar de incorporar un tubo.

En ambientes semiáridos los tratamientos dirigidos a mejorar la supervivencia en repoblaciones forestales no parecen haber obtenido los resultados esperados. Los tubos invernaderos, y en particular aquellos de materiales y diseños más adecuados de acuerdo al temperamento de la especie, sí parecen poder mejorar la supervivencia, incluso en años muy desfavorables, efecto menos evidente con mallas cinegéticas (fuera del efecto de protección frente al pastoreo) y en tubos oscuros. El mulch plástico y los hidrogeles tienen aparentemente

un efecto negativo o escaso sobre la supervivencia, al menos en años y localizaciones especialmente secos, aunque este aspecto necesita ser estudiado con un mayor apoyo instrumental para comprobar la causa real de la pérdida de supervivencia. Únicamente las combinaciones basadas en el tubo Silvitub: silvitub, silvitub-mulch-hidrogel, silvitub-hidrogel, silvitub-mulch obtienen valores de supervivencia aceptables. A pesar de estos resultados, y dado el coste y la dificultad operativa del uso de mulchs e hidrogel no parece muy recomendable en repoblaciones en zonas semiáridas, donde posiblemente su efecto esta fuertemente condicionado por la irregularidad climática y las condiciones edáficas.

Bibliografía

- Al-Darby AM, 1996. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technol.* 9: 15-28.
- Allué Andrade JL, 1990. Atlas fitoclimático de España. M.A.P.A.-I.N.I.A., Madrid.
- Bellot J, Ortiz de Urbina JM, Bonet A, Sánchez J.R., 2002. The effect of tree shelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry*, vol 75 (1): 89-106.
- Berger JE, Dupraz C, 2000. Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings in treeshelters. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 104 (3): 199-214.
- Blanco A, 1996. Estudios microclimáticos de los tubos protectores empleados en repoblación forestal. III Congreso Nacional de Medio Ambiente. Comunicaciones técnicas. Vol. 2.
- Burger D, Svihra P, Harris R, 1992. Treeshelters use in producing container grown trees. *HortScience* 27: 30-32.
- Burger D, Foister G, Gross R, 1997. Short and long-term effects of treeshelters on the root and stem growth of ornamental trees. *Journal of Arboriculture* 23 (2): 49-56.
- Callagan T, Lindley D, Ali O, Nour A, Bacon P, 1989. The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedling in the Sudan. *J. Applied Ecol.* 26: 663-672.
- Costelo L, Peters A, Giusti G, 1996. An evaluation of tree shelter effects on plant survival and growth in a Mediterranean climate. *Journal of Arboriculture* 22 (1): 1-9.
- Dupraz C, 1997a. Les protections de plants à effect de serre. Première partie: ce qu'en present les arbres. *Rev. For. Fr.* Vol 49 (5): 417-432.
- Dupraz C, 1997b. Les protections de plants à effect de serre. Deuxième partie: amélioration de leur efficacité par aération optimisée et luminosité accrue. *Rev. For. Fr.* Vol 49 (6): 519-530.
- Durpez C, Bergez JE, 1999. Carbon dioxide limitations of the photosynthesis of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated treeshelters. *Forest Ecology and Management* 119: 89-97
- Gupta GN, 1991. Effects of mulching and fertilizer application on initial development of some tree species. *For. Ecol. Manage.* 44: 211-221.
- Haywood JD, 1999. Durability of selected mulches, their ability to control weeds, and influence growth of loblolly pine seedlings. *New Forests*, 18: 263-277.
- Haywood JD, 2000. Mulch and hexazinone herbicide shorten the time longlife pine seedlings are in the grass stage and increase height growth. *New Forests*, 19: 279-290.
- Huttermann A, Zommodi M, Reise K, 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil & Tillage Research* 50: 295-304.
- Kjelgren R, 1994. Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience* 29(7): 777-780.

- Kjelgren R, Cleveland B, Fouth M, 1994. Establishment of white oak seedling with three post-plan handling methods on deep-tilled minesoil during reclamation. *J. Environ. Hort.* 12(2): 100-103.
- Kjelgren R, Rupp L, 1997. Establishment in treeshelters I: shelters reduce growth, water use, and hardiness, but not drought avoidance. *HortScience* 32(7): 1281-1283.
- Lamont G, O'Connell M, 1987. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Hort.* 13: 141-149.
- Lenvain J, de Boodt MF, 1976. An effective way in fighting soil erosion: promoting growth of young trees through plant pit treatment with soil conditioners. *Med. Fac. Landbouw, Rijksuniversiv, Ghent* 41 (1): 141-157.
- Navarro RM, Fragero B, Ceaceros C, del Campo A, 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Journal of ecological engineering (en evaluación)*.
- Navarro RM, Oliet J, Contreras O, 2001a. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: estudio microclimático. III Congreso Forestal Nacional, Granada. Tomo III: 839-845.
- Navarro RM, Oliet J, Contreras O, 2001b. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: supervivencia y crecimiento. III Congreso Forestal Nacional, Granada. Tomo III: 916-922.
- Navarro RM, Martínez A, 1996. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. *Cuadernos de la S.E.C.F.* 4: 43-57.
- Navarro RM, Guzmán R, Martínez A, 1998. Informe sobre supervivencia y crecimiento de encina (*Quercus ilex*) y alcornoque (*Quercus suber*) utilizando seis tipos de tubos invernadero. *Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla*.
- Nicolás JL, Domínguez Lerena S, Herrero N, Villar P, 1997. Plantación y siembra de *Quercus ilex* L.: efectos de la preparación del terreno y de la utilización de protectores en la supervivencia de las plantas. *Actas II Congreso Forestal Español. Mesa 3: 449-454*.
- Oliet J, Planelles R, López M, Artero F, González M., 1997. Influencia de los sistemas de protección en la humedad del suelo y en la respuesta en plantación de pino carrasco en el semiárido almeriense. II Congreso Forestal Nacional, Tomo III: 467-472.
- Oliet J, Planelles R, López M, Artero F, 2000. Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores durante seis años en una repoblación de *Pinus halepensis*. *Cuadernos de la SECF* 10: 69-78.
- Oliet J, Navarro RM, Contreras, O, 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. *Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla*.
- Pemán J, Navarro RM, 1996. *Repoblaciones Forestales. Universidad de Lleida-Universidad de Córdoba*.
- Ponder F, 1995. Shoot and root growth on northern red oak planted in forest openings and protected by treeshelters. *N.J.A.F.* 12 (1): 36-42.
- Potter MJ, 1991. *Treeshelters. Forestry Commission Handbook n° 7. M.S.O. London*.
- Roth B, Newton M, 1996. Survival and growth of Douglas-fir relating to weeding, fertilization and seed source. *Western J. of Applied Forestry* 11(2): 62-69.
- Sánchez J, Ortega R, Mervás M, Padilla FM, Pignaire F.I., 2004. El microrriego, una técnica de restauración de la cubierta vegetal para ambientes semiáridos. *Cuadernos de la SECF*, 17: 109-112.
- Save R, Pery M, Marfa O, Serrano L, 1995. The effect of a hydrophobic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5 (2): 141-143.
- Sokal RR, Rohlf FJ, 1995. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* 3rd ed. Freeman and Co., New York, 887 p.
- Tu Z, Armitage A, Vines H, 1985. Influence of an antitranspirant and a hydrogel on net photos-

ynthesis and water loss of *Cineraria* during water stress. *HortScience* 20: 386-388.

Wilson J, Munro RC, Ingleby K, Mason PA, Jefwa J, Muthoka PN, Dick J, Leakey R, 1991. Tree establishment in semiarid lands of Kenya. Role of

mycorrhizal inoculation and water-retaining polymer. *Forest Ecology and Management* 45: 153-163.

(Aceptado para publicación el 20 de febrero de 2005).

Efecto de distintos tipos de fertilizantes sobre la evolución de nutrientes en el suelo y en la producción de cereales en secano

G. Pardo*, J. Aibar**, F. Villa***, C. Zaragoza*

* CITA Depto. de Ciencia, Tecnología y Universidades. Gobierno de Aragón

** EPS Huesca. Univ. de Zaragoza

*** CTA Depto. de Agricultura. Gobierno de Aragón

Resumen

Se ha comparado el efecto de un abonado orgánico frente a otro químico y un testigo sin abonar sobre el mantenimiento de la materia orgánica, del fósforo y del potasio en el suelo a largo plazo, la evolución y pérdida de nitratos durante distintos periodos, el contenido total de nitrógeno en el cereal y la producción de grano en trigo duro (*Triticum durum* Desf.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) en una rotación con veza (*Vicia sativa* L.) y barbecho en secano semiárido. Los altos niveles de materia orgánica y fósforo iniciales se han mantenido después de 6 años de ensayos, incluso en las parcelas sin fertilizar, mientras que el potasio descendió ligeramente. Esto indica que la rotación llevada a cabo, junto con el enterrado de los restos de cosecha, ha sido suficiente para mantener los contenidos iniciales de nutrientes. Durante el periodo de cultivo la fertilización química incrementó significativamente el contenido de nitratos en los 30 primeros cm de suelo, respecto al fertilizante orgánico o la no fertilización. Sin embargo, las pérdidas de nitrógeno durante el periodo ensayado fueron similares en los tres niveles de fertilización, así como las extracciones de nitrógeno por parte de la biomasa total producida. Por último, la cosecha tampoco se incrementó al aplicar fertilizante químico u orgánico, ya que en las parcelas sin abonar se obtuvo una cosecha similar.

Palabras clave: compost, nitrato, semiárido.

Summary

Effect of different types of fertilizer on soil nutrient evolution and cereal yield in rainfed

An organic fertilizer was applied to durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) crops in a rotation with vetch (*Vicia sativa* L.) and fallow in a semiarid dryland. The organic, chemical and no fertilizer effects on the long-term evolution of O.M., P and K, nitrate loss and crop nitrogen total content were compared during different periods. The high level of O.M. and P were maintained after 6 years of experiments even in the unfertilized plots while K slightly decreased. Thus, the rotation and straw and stubble burying were enough to maintain the initial nutrient contents. During the crop period, chemical fertilization significantly increased the nitrate content in the first 30 cm of soil, compared with organic fertilizer or no fertilization. However, the estimated nitrogen losses during the test period were similar in the three levels of fertilization, as well as the nitrogen extraction for the total biomass produced. Finally the crop yield was not increased after applying chemical or organic fertilizer, since the unfertilized plots production was similar.

Key words: compost, nitrate, semiarid.

Introducción

La aparición de los fertilizantes químicos produjo, junto a otras innovaciones tecnológicas, una auténtica revolución en la agricultura con incrementos notables en rendimiento de los cultivos. Sin embargo, un aporte excesivo y reiterativo de los mismos macronutrientes en forma mineral ha producido, en ocasiones, no pocos fracasos agronómicos por desequilibrios nutricionales y aparición de algunas carencias de elementos esenciales. Otras veces la aplicación inoportuna de nutrientes favorece la aparición de diversas fisiopatías en los cultivos (Labrador, 2001). Además su aplicación en determinadas zonas como son secanos semiáridos puede no ser efectiva (o incluso contraproducente) ya que los incrementos de producción, si se producen, son a menudo escasos e irregulares y dependientes de unas lluvias al final de la primavera que no se suelen producir. Así, por ejemplo, Van Herwaarden *et al.* (1998) en zonas semiáridas de Australia encontraron que el rendimiento de trigo disminuía al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada.

Por otra parte, estos fertilizantes no son inocuos, y como compuestos salinos que son, pueden contaminar el suelo y los acuíferos en el caso de no ser absorbidos por las plantas, a la vez que contribuyen a disgregar las partículas del suelo favoreciendo la erosión (Ordóñez *et al.*, 1997).

En este sentido, la sustitución de estos abonos químicos por otros orgánicos (estiércoles o compost) contribuiría a reducir algunos de los inconvenientes mencionados. De estos productos orgánicos, el compost es considerado como el producto de mayor interés que restituye la materia orgánica en los suelos, ya que contiene los distintos nutrientes en formas más estables que los estiércoles. Lógicamente, la aplicación de compost conllevará, en mayor o menor medida, todos aquellos efectos beneficiosos que desde distintos pun-

tos de vista se atribuyen a la materia orgánica (Labrador, 2001):

- Físico: mejora la estructura, y favorece la formación de agregados del suelo por lo que se reduce la erosión. Además aumenta la capacidad de retención de agua y la permeabilidad hídrica y gaseosa.
- Químico: produce un suministro equilibrado de nutrientes y tiene un efecto regulador sobre el pH y la salinidad.
- Biológico: incrementa la cantidad y diversidad de microorganismos, puesto que proporciona carbono para la formación de estructuras orgánicas y fuente de energía, nitrógeno para la síntesis de las proteínas y otros elementos esenciales para los seres vivos.

Como efecto desfavorable cabe esperar dificultad en sincronizar las necesidades de los cultivos con el pase a formas minerales de estos nutrientes a partir de las formas orgánicas, con lo que en unos casos podría producirse carencias (y quizás pérdidas de rendimiento) y en otros lixiviados si no son absorbidos por el cultivo (Ryser y Pittet, 2000). Otro inconveniente de estos tipos de fertilizantes radica en la mayor dificultad a la hora del aprovisionamiento y distribución en campo.

En este trabajo se ha comparado la influencia de un abonado orgánico frente a otro químico y un testigo sin abonar sobre la evolución de nitratos del suelo, pérdidas de éstos, contenido total de nitrógeno en planta y su efecto en la producción de cereales de invierno.

Material y métodos

Localización del ensayo

El ensayo de campo se inició en la campaña 1996-1997 en una parcela de la localidad de

Sádaba (Zaragoza), comarca de las Cinco Villas (Aragón, España), cuyas coordenadas son: 42° 17' de latitud Norte, 2° 25' de longitud Este y 454 metros de altura sobre el nivel del mar (MAPA, 1987).

La parcela había sido manejada con anterioridad de manera convencional, con abonado y desherbado químico para cultivo de cereal como habitualmente se realiza en la zona. Se eligió un área mayor de 1 ha que

se subdividió en dos parcelas en las que se empezó a desarrollar la rotación barbecho-cebada-veza-trigo duro en 1996, tabla 1:

El presente trabajo incluye los datos de los cuatro últimos años (fondo oscuro de la tabla 1) transcurridos ya dos años de ensayo necesarios para reconvertir un suelo manejado anteriormente de manera convencional, a un manejo sin agroquímicos en algunos tratamientos

Tabla 1. Alternativa de cultivos desarrollada en el ensayo
Table 1. Crop rotation developed at the trial

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Parcela 1	Cebada→	Veza→	Trigo duro→	Barbecho→	Cebada→	Veza
Parcela 2	Barbecho→	Cebada→	Veza→	Trigo duro→	Barbecho→	Cebada

Clima

La zona de estudio esta considerada como de clima semiárido, donde la precipitación anual media en el periodo 1968-1998 fue 516 mm y la temperatura media de 14 °C (tabla 2). La precipitación y temperatura en el periodo de ensayo se muestra en la figura 1.

El año agrícola 98-99, fue similar al año medio. Sin embargo en 99-2000, noviembre y enero fueron mucho más fríos de lo normal, siendo febrero y, sobre todo mayo, más cálidos de lo habitual. La campaña 2000-2001 se caracterizó por un invierno muy suave, prácticamente sin heladas, mientras que en la última campaña 2001-2002, las temperaturas en noviembre y, sobre todo, en diciembre, fueron mucho más bajas de lo habitual.

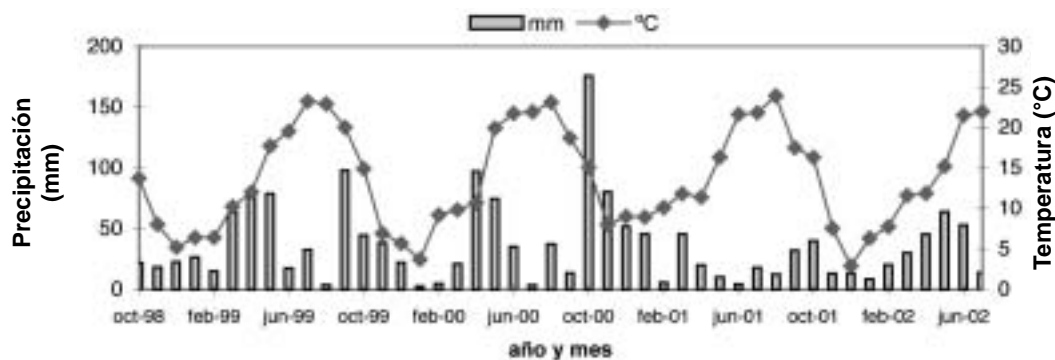


Figura 1. Precipitación (mm) y temperatura (°C) registrada en el ensayo 1998-2002.
Figure 1. Rainfall (mm) and temperature (°C) registered at trial's location (1998-2002).

Tabla 2. Datos climáticos históricos en el ensayo (1968-1998)
 Table 2. Historic climatic data at trial's location (1968-1998)

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Pluviometría media (mm)	46	43	46	5	61	51	24	27	54	50	60	49	516
ET. potencial media (mm)	10	15	35	55	94	134	167	150	106	60	25	12	865
Temperatura media (°C)	5,2	6,8	10	12,6	16,4	20,5	23,4	22,9	20	14,7	9,3	6	14

Caracterización edáfica

La tabla 3 muestra el análisis de suelo para las dos parcelas que se llevó a cabo en el Laboratorio Agroambiental de Zaragoza (Gobierno de Aragón), y que fundamenta la descripción del estado inicial del suelo que se comenta a continuación.

Las dos parcelas presentaron valores similares en la mayoría de los aspectos cuantificados. El suelo tiene en los primeros 60 cm

una textura franco-arcillosa de tipo fino (suelo pesado), que le confiere una alta capacidad de retención de humedad y de nutrientes, aunque también puede presentar como factores negativos una baja permeabilidad (fácil encharcamiento), una alta compacidad (dificultad de penetración de las raíces) y la dificultad del laboreo, si bien estos aspectos negativos quedan compensados por la elevada presencia de elementos gruesos.

Tabla 3. Análisis de suelo inicial en 1997
 Table 3. Initial soil analysis (1997)

Profundidad (cm)	Parcela 1			Parcela 2		
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Retención de humedad						
A 1/3 de atm. %	21,41	24,14	22,69	24,21	25,39	23,34
A 15 atm. %	12,10	11,74	9,12	10,96	10,61	8,31
Granulometría						
Elementos gruesos (>2mm) % sobre total	14,78	17,07	20,91	11,01	13,17	17,24
Arena total (0,05-2mm) %	39,95	42,21	46,65	39,42	42,34	49,21
Limo grueso (0,02-0,05mm) %	8,03	10,58	8,71	8,47	9,37	7,98
Limo fino (0,002-0,2mm) %	18,06	20,67	22,41	18,90	20,68	22,87
Arcilla (<0,002mm) %	33,83	26,55	22,23	33,03	27,12	19,95
Fertilidad						
pH al agua 1:2,5	8,08	8,17	8,16	7,82	7,98	7,98
Salinidad (C.E. 1:5) dS/m a 25 °C	0,29	0,24	0,27	0,29	0,24	0,26
Materia orgánica %	2,62	1,76	0,94	2,72	1,84	0,94
Fósforo Olsen, ppm.	21,93	9,65	5,61	21,88	10,27	5,71
Potasio (extracto acetato amónico) ppm	325,50	174,50	101,00	328,50	174,0	87,00
Carbonatos totales %	31,33	45,36	56,38	30,96	46,75	52,58
Catión de cambio						
Magnesio %	0,76	0,49	0,51	0,77	0,56	0,39

Con respecto a la zona más profunda, el suelo goza de una textura más bien franca, lo cual constituye la combinación óptima de arena, limo y arcilla, con una buena capacidad de retención de humedad, de nutrientes y poca propensa a la compactación. Esta textura implica capacidades de intercambio catiónico medias en función del contenido de arcilla y de materia orgánica (si bien va disminuyendo con la profundidad).

Con los datos de contenido de agua a capacidad de campo y punto de marchitez, así como con el porcentaje de pedregosidad se calculó la reserva máxima útil para cada parcela de cultivo, hasta los 90 cm considerados, resultando ser de 135 mm para la parcela 1 y 170 mm para la parcela 2.

Tanto los valores de fósforo como los de potasio son muy altos en superficie, situándose muy por encima de los valores medios

habituales. El magnesio se encuentra en un valor medio. Los tres nutrientes disminuyen su valor en profundidad, sobre todo el fósforo, que llega a ser bajo entre 60 y 90 cm, el magnesio es bajo a partir de los 30 (Urbaño, 1995).

Diseño experimental

Cada uno de los 4 años, la parcela en que se sembró cereal se dividió en parcelas elementales de 91 m² según un diseño "split-plot" o parcela dividida con cuatro repeticiones. Se estudiaron dos factores (fertilización y escarda), y tres niveles para cada factor, haciendo coincidir el mismo tipo de fertilización y escarda en el mismo espacio físico desde el inicio del experimento (año 1996), con el fin de estudiar el efecto continuado de ambos tratamientos en el tiempo (figura 2).



Figura 2. Croquis del ensayo.
Figure 2. Illustration of the experimental design.

Los distintos tipos (niveles) de fertilización aplicados en cada factor se describen brevemente a continuación:

a) *Factor principal (fertilización):*

F1: Testigo sin fertilización.

F2: Fertilización con abono orgánico: 2500 kg/ha de compost aplicado en sementera. Este compost fue proporcionado por el CIE-MAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) de Soria, con características adecuadas para la

agricultura ecológica. Los análisis determinaron que se aplicaron al suelo, como media de los 4 años, unas 67 U.F./ha de nitrógeno. Se incorporó al suelo con la labor de siembra.

F3: Fertilización con abono químico (100-60-60 U.F./ha de N, P, K, en 1998-1999 y 1999-2000 y 70-60-60 U.F./ha en 2000-2001 y 2001-2002) el N fraccionado en fondo (38 U.F./ha incorporadas al suelo con la labor de siembra) y resto en cobertera (tabla 4).

b) *Factor secundario (escarda):*

E1: Testigo sin escarda, E2: Escarda mecánica, E3: Escarda química.

Los datos relativos al tipo de escarda no se muestran en este trabajo.

Material vegetal

El material vegetal utilizado fue trigo duro, *Triticum durum*, variedad 'Antón', en 1998-1999 y 1999-2000. En 2000-2001 la cebada (*Hordeum vulgare*) utilizada fue de la variedad 'Graphic'. En 2001-2002, se utilizó la variedad de cebada 'Hispanic'. La veza (*Vicia sativa*) utilizada ambos años fue de la variedad 'Senda'.

Muestras recogidas

Los datos de suelo, biomasa y cosecha se tomaron en cada una de las 36 parcelas elementales de la siguiente manera:

Suelo

Los muestreos de suelo en todo el perfil (90 cm) para la determinación de N-NO_3^- se realizaron antes de la siembra, antes del abonado de fondo, y tras la cosecha. Durante el periodo de cultivo y después del abonado químico en las parcelas correspondientes se

efectuaron dos análisis adicionales, únicamente hasta 30 cm de profundidad.

Finalmente en marzo de 2003 se realizó un último muestreo para estudiar como han variado distintos macronutrientes (P,K) y la materia orgánica tras estos 7 años de ensayo en la capa más superficial de suelo (0-30 cm) para compararlos con los iniciales (tabla 3).

Biomasa

En este tipo de muestreos se recogieron tanto las plantas de cultivo como las de malas hierbas (parte aérea) existentes en el momento de la cosecha. A partir de estos muestreos se determinaron las extracciones de nitrógeno según el tipo de fertilización.

Cosecha

La cosecha se realizó mediante microcosechadora de cereal, diseñadas especialmente para ensayos, marca "Wintersteiger", modelo "Nurserymaster", con un ancho de corte de 1,55 m. El resultado de la superficie cosechada se extrapoló a kg/ha con 14% de humedad.

En la tabla 4 se muestra un calendario de las labores más relevantes efectuadas en cada campaña con fechas aproximadas en parcelas de cereal.

Análisis de nitrógeno

Los nitratos se extrajeron del suelo con una solución saturada de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Una vez extraídos los nitratos se separaron por centrifugación, se eliminó la interferencia de carbonatos presentes en la muestra por adición de ácido (HCl 1N) hasta un pH inferior a 5 y se leyeron por medio de un espectrofotómetro de U.V. La lectura de los nitratos se realizó a 220 nm pero, para minimizar el efecto de la posible presencia de materia

Tabla 4. Fecha de las labores llevadas a cabo en el ensayo en parcelas de cereal
 Table 4. Date of the different tasks conducted on the cereal plots

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 1	Parcela 2
Labores preparatorias de siembra cereal	18/10/98	9/11/99	4/2/01	4/11/01
Marcado y estaquillado definitivo del ensayo	20/10/98	10/11/99	5/2/01	31/10/01
1ª toma de muestras de suelo (0-90)	26/10/98	13/9/99	3/11/00	5/11/01
Abonado de fondo (químico y orgánico, según corresponda)	16/11/98	10/11/99	5/2/01	5/11/01
Siembra cereal	23/11/98	11/11/99	5/2/01	5/11/01
Abonado de cobertera	16/3/99	22/3/00	3/4/01	27/3/02
2ª toma de muestras de suelo (0-30)	19/4/99	15/5/00	17/5/01	30/4/02
3ª toma de muestras de suelo (0-30)	14/5/99	30/5/00	4/6/01	23/5/02
3º control de biomasa	2/7/99	28/6/00	19/6/01	2/7/02
Cosecha	5/7/99	5/7/00	20/6/01	3/7/02
4ª toma muestras de suelo (0-90)	2/9/99	12/7/00	4/7/01	17/7/02

orgánica en la muestra, se lee ésta a una longitud de 275 nm y el doble de este valor se resta a la lectura obtenida a 220 nm. La determinación de nitratos (mg/l) se realizó con una recta de calibrado y mediante los oportunos cálculos se determinó el nitrógeno de nitratos (N-NO₃⁻) presente en cada capa de suelo (MAPA, 1994).

En cuanto a los análisis de nitrógeno en planta el método de análisis utilizado fue el Dumas (Helrich, 1990) con un equipo LECO FP 528. El resultado final se muestra como porcentaje en peso de nitrógeno.

Balance parcial del nitrógeno

Con los datos del N-NO₃⁻ del suelo antes de la siembra y tras la cosecha, el N aportado como fertilizante y las extracciones en N de la plantas en su totalidad (paja, grano y malas hierbas) se calculó el balance parcial de pérdidas de nitrógeno para cada tipo de fertilización y periodo de cultivo. Es parcial porque no se pudo conocer el nitrógeno mineralizado a partir de la materia orgáni-

ca, considerándose similar para los tres niveles de fertilización. Las pérdidas de nitrógeno se han calculado por medio de un balance en el que se tuvieron en cuenta los contenidos de nitrógeno al principio (N_{ini}) y al final (N_{final}), las extracciones realizadas por la planta (N_{planta}) y el nitrógeno aplicado como fertilizante (N_{fert}).

$$P = N_{ini} - N_{final} - N_{planta} + N_{fert}$$

Para los cálculos de las extracciones vegetales, la biomasa de las raíces se estimó en un 20% del total de la biomasa aérea y el porcentaje de nitrógeno la mitad del de la parte aérea (Mitchell y Teel, 1997). No se consideró el N amoniacal pues representa una pequeña fracción del N mineral en estas condiciones.

Estas pérdidas de nitrógeno pueden ser de diversos tipos, aunque lo más frecuente es que sean por lixiviación cuando hay agua de percolación y en menor medida por desnitrificación en suelos saturados. Ambas condiciones no son frecuentes en secanos semiáridos pero pueden darse y resulta muy complicado medirlo (Lezáun et al., 2001).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se efectuó de acuerdo al diseño establecido en campo mediante el paquete estadístico SYSTAT 7.0. Cuando los datos no se distribuyeron normalmente se realizaron las transformaciones oportunas, que fueron normalmente, $\sqrt{y+0.5}$, $\sqrt[3]{y}$ ó $\ln(y+1)$ y que resultaron eficaces para conseguir esa normalidad.

Por último cuando se detectó un efecto significativo del factor de estudio se procedió a la separación de medias mediante el test LSD o mínima diferencia significativa.

Resultados y discusión

Evolución del contenido de N-NO₃⁻ en los 30 primeros cm de suelo

En octubre del 98 (figura nº 3), pese haber transcurrido ya dos años del inicio del ensayo, había una gran cantidad de nitrógeno nítrico en ambas parcelas. Las razones que explicarían este alto contenido de nitratos serían el elevado contenido de materia orgánica del suelo (se había realizado un gran aporte de estiércol en 1995) y que el cultivo precedente fue veza para enterrar, ya que ésta puede aportar de 100 a 120 kg/ha de N al suelo aun en condiciones de seco (Fernández-Pascual et al., 2002). En nuestro caso el nitrógeno incorporado con la veza fue menor, de 52 kg/ha en 1998 (parcela 1) y de 49 kg/ha en 1999 (parcela 2), no apreciándose el efecto residual de los abonados aplicados en campañas anteriores. En los tres años siguientes las cantidades de N, aún siendo altas, fueron de menor cuantía.

El contenido de nitratos en las parcelas testigo y fertilizadas con compost siguió una evolución muy similar en todos los casos. Para ambos tratamientos, se observó un descenso del contenido de nitrógeno del

suelo conforme avanzaba el ciclo del cultivo, consecuencia lógica de la extracción vegetal y del lavado de la lluvia, que aun siendo escasa, si fue suficiente para superar ese espesor de suelo pedregoso (30 cm). El descenso fue menos evidente en el último año, ya que las precipitaciones fueron muy escasas en toda la campaña, y las extracciones del cultivo, como veremos, también fueron menores. Estos hechos sugieren que el compost no tuvo efecto sobre el contenido de nitratos del suelo. Parece evidente que el contenido de nitrógeno del compost, aplicado en las respectivas campañas (67, 70, 72,5 y 58,2 kg nitrógeno total/ha), no se transformó a nitrato, al menos de manera apreciable en ningún año ni etapa de cultivo. Wadman y Neeteson (1992) cifran la eficiencia del nitrógeno de fertilizantes orgánicos de 30-60%, pero en nuestro caso parece que ni siquiera se han alcanzado estas cifras. Tampoco a más largo plazo, es decir, en las últimas campañas, parece incrementarse el contenido de N-nítrico con este tipo de fertilización.

Por el contrario, el nitrógeno aportado mediante el abonado químico si tuvo influencia significativa en el contenido total de nitratos del suelo, para esa profundidad, en algunas fechas. En todos los años los dos análisis posteriores al abonado de cobertera detectaron una significativa mayor cantidad de nitratos, en las parcelas abonadas químicamente respecto a los otros dos tratamientos, como consecuencia lógica del abonado nitrogenado de fondo y cobertera (100, 100, 70 y 70 kgNmineral/ha) aplicado en estas parcelas. Además, en el caso de la parcela 2 esta aplicación sirvió para incrementar el contenido inicial, a pesar de las extracciones del cultivo y las pérdidas. Sin embargo en la parcela 1, se creó que estas pérdidas fueron mayores, ya que por un lado, se trata de un suelo con menor capacidad de retención de agua, y por otro, las lluvias entre ambos

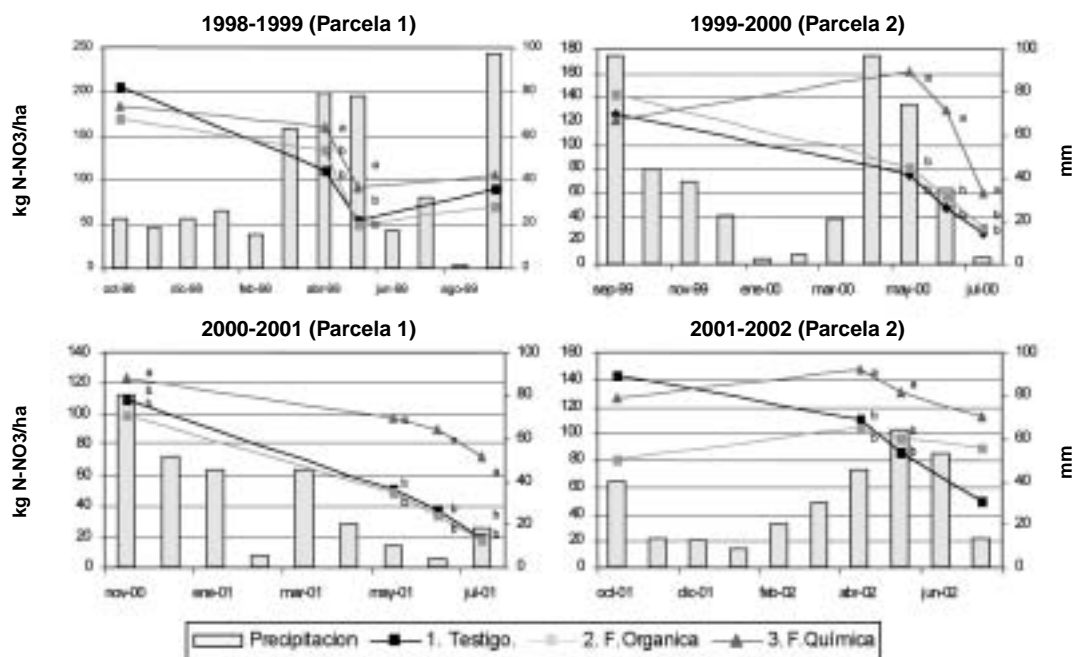


Figura 3. Evolución de N-NO_3^- en los primeros 30 cm de suelo según el tipo de abonado durante los cuatro años de ensayo.

Puntos con letras distintas en una misma fecha difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.
 Figure 3. Changes of nitrate in soil (depth 0-30 cm) depending on the year and the fertilization type.
 At the same date, points with different letters differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.

muestreos fueron mayores, tal y como se aprecia en los gráficos. De ahí que el contenido del segundo muestreo sea menor que el inicial, a pesar de la cantidad aportada.

Con el transcurso del tiempo, estas diferencias entre tratamientos fueron haciéndose menores a partir del tercer muestreo, en ambas parcelas, llegando a no ser significativas en el último muestreo de 1999 (que se hizo muy tarde, y en el cual ya se observan síntomas de recuperación de los niveles de N tras la cosecha) y de 2002. Esto supone que se produce un mayor descenso de N-NO_3^- en parcelas fertilizadas químicamente, que en el resto. Sin embargo, y como veremos, ese nitrógeno no fue a parar al cultivo, pues sus extracciones, fue-

ron similares para los tres tipos de fertilización, por lo que se deduce que se perdió a capas de suelo más profundas por lixiviación, a la atmósfera por desnitrificación (MacKenzie *et al.*, 1997) o incluso por volatilización del amonio (Fenn y Hosner, 1985) ya que, según estos autores, tanto las pérdidas por desnitrificación como por volatilización ocurren en mayor medida con mayor contenido de nitratos en suelo. Generalmente las pérdidas de nitrógeno a la atmósfera por desnitrificación ocurren en suelos saturados de agua y las pérdidas por lixiviación ocurren cuando hay agua de percolación. Ambas condiciones no son frecuentes en secanos semiáridos pero tampoco pueden descartarse.

Contenido inicial y final de $N-NO_3^-$ en todo el perfil del suelo (90 cm)

Las figura nº 4 muestra el contenido de nitrógeno nítrico en todo el perfil del suelo considerado (90 cm) antes de la siembra y tras la recolección del grano en cada año.

La precipitación total registrada entre ambos muestreos fue de 357 mm en 1999, 441 en 2000, 262 en 2001 (partiendo de suelo saturado, pues se recogieron 175 mm en octubre de 2000) y 247 en 2002.

Se observó, al igual que en los primeros 30 cm de suelo, un alto contenido de nitratos en todo el perfil del suelo sobre todo el primer año de estudio. Se considera que este contenido es poco habitual en zonas semiáridas y, por ejemplo, Angás (2001) partió de contenidos de NO_3^- mucho menores (250 kg $N-NO_3^-$ /ha en los mejores casos) en estudios realizados en el valle del Ebro leridano y oscense. Abad et al. (1996) en Belloc (Lérida) también partieron de niveles más bajos (317 kg $N-NO_3^-$ /ha). Sin embargo, nuestro caso tampoco puede considerarse de niveles excepciona-

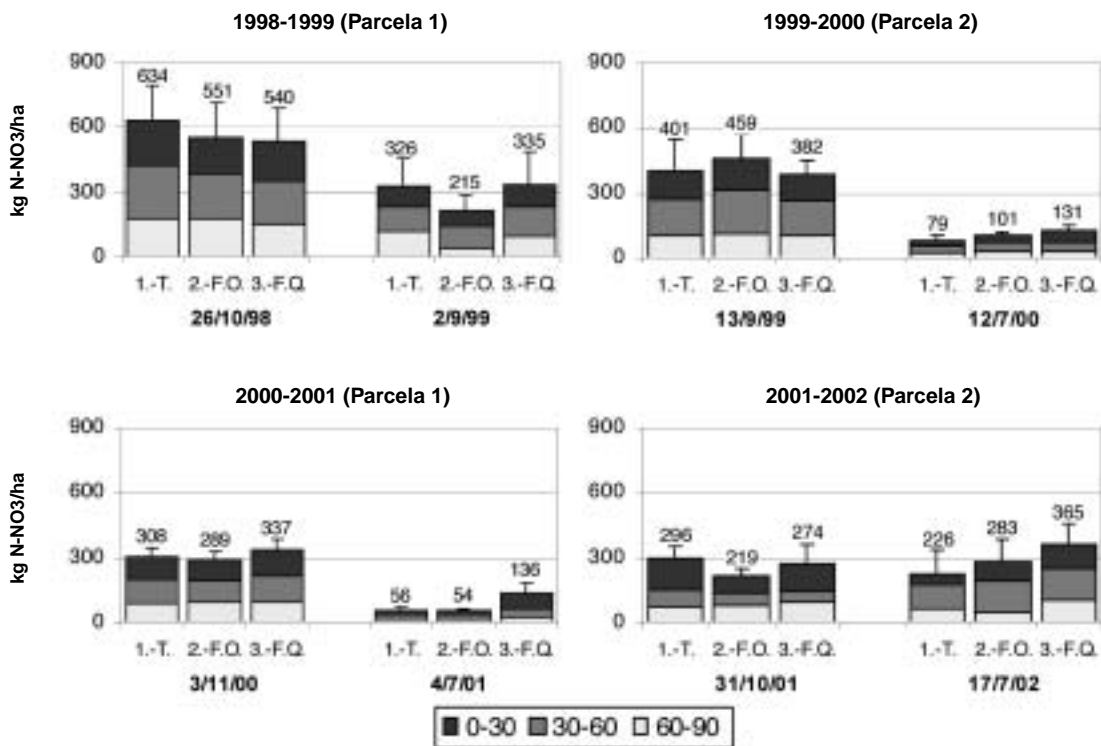


Figura 4. Contenido de $N-NO_3^-$ en el perfil del suelo (0-90 cm) antes y después del periodo de cultivo. Se muestra la cifra del contenido total de $N-NO_3^-$. Las barras verticales indican la desviación típica. Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) en el test LSD entre tratamientos en una misma fecha. T: Testigo, F.O.: Fertilización orgánica, F.Q.: Fertilización química

Figure 4. $N-NO_3^-$ content in the soil profile (0-90 cm) before and after the crop season. Numbers indicate total content of $N-NO_3^-$. Vertical bars indicate the standard deviation. At the same date, differences between fertilization type were not significant in the LSD test ($p < 0,05$). T: Check, F.O.: Organic fertilizer. F.Q.: Chemical fertilizer.

les, pues en la zona de Monegros (sur de Huesca) se han encontrado valores similares (J. Cavero, comunicación personal).

Asimismo en todas las campañas, salvo en la última, se produjeron importantes descensos en el contenido de nitratos en el suelo entre siembra y cosecha, estas reducciones no se pueden atribuir, al menos en su totalidad, a las extracciones del cultivo, que fueron mucho menores que la diferencia entre contenido inicial y final, lo que indica que se produjeron importantes pérdidas de nitratos, por la razón que fuera, como veremos en apartados siguientes. Este descenso se produce a pesar incluso de aplicar fertilizantes de una forma moderada-alta (100 ud los dos primeros años y 70 los dos últimos). Cantero Martínez *et al.* (1995), por el contrario, mantuvieron los niveles de nitratos entre inicio y fin de campaña, con dosis moderadas de nitrógeno (65 kg/ha) en zonas semiáridas de Australia y también lo hicieron sin fertilizar, pero obteniendo menor cosecha. La diferencia está en el contenido inicial, que fue mucho menor que en nuestro caso.

En 2001-02 esta tendencia no fue del todo similar, pues en las parcelas fertilizadas (de ambas formas) hubo más cantidad de nitratos al final que al inicio de la campaña. Esto es algo diferente de los tres casos anteriores, aunque hay que decir que entre ambos muestreos de suelo sólo se registraron 247 mm, por lo que se deduce que ese año se limitaron las diversas pérdidas de nitrógeno que se producen con más facilidad con suelo húmedo o saturado. Ello haría que prevaleciera el nitrógeno aportado por la fertilización (mayor que las extracciones, al menos en el caso de la fertilización química como se verá en el apartado siguiente) y quedara acumulado en el suelo, pues las extracciones de los cultivos, debido a esas escasas precipitaciones, también fueron pequeñas, coincidiendo, en este caso, con

Angás (2001) cuando aplicó las dosis más altas de nitrógeno (125 kg/ha).

Otra característica común en las cuatro campañas, y en cierta manera lógica, fue que quedó mayor contenido de nitratos en las parcelas fertilizadas químicamente. Ello supondría que una fracción de nitrógeno aportado no ha sido utilizado por el cultivo quedando acumulado en el suelo en el momento del muestreo, hecho también observado por Abad *et al.* (1996) y, como se ha dicho, por Angás (2001). Esto no ocurre de forma tan clara en el primer año, ya que parcelas sin fertilizar tuvieron prácticamente el mismo nivel de nitrógeno, aunque hay que tener en cuenta que también en estas parcelas se partía de mayor cantidad de nitratos (figura 4).

Por último cabe reseñar el mantenimiento de los niveles de nitratos durante el periodo de barbecho de la parcela de cultivo 1, y el incremento importante en el caso de la parcela 2. En el primer caso (del 2/9/99 al 3/11/00) los niveles de nitrato permanecen prácticamente invariables en las parcelas sin fertilizar y las fertilizadas químicamente. Lo que quiere decir que el nitrógeno mineralizado de la materia orgánica y de los restos de cosecha fue compensado por las pérdidas que hubiera. En el caso del abonado orgánico los niveles de NO_3^- incluso aumentaron (de 215 a 289 kg de N-NO_3^-) y ello sería consecuencia de una mayor mineralización, ya que en este caso, a parte de los restos de la cosecha habría otros, procedentes del compost que quizás no se mineralizaron en su totalidad durante el periodo del cultivo o incluso, se pudo inmovilizar alguna fracción de N-NO_3^- del suelo no apareciendo por tanto en los análisis del 2/9/99, y sí un año más tarde. Los abonados orgánicos pueden, en periodos más o menos largos, aparte de no poner a disposición de las plantas todo el N que poseen, inmovilizar

fracciones minerales del suelo (Jenkinson, 1982; Smith y Chambers, 1993).

En la parcela 2 se produjeron unas ganancias mucho más notables durante el periodo de barbecho. En este caso los procesos de mineralización primaron sobre las pérdidas de nitrato y se produjo un incremento muy importante en los niveles de nitrato entre (12/7/00 y 31/10/01) en todos los tratamientos. No obstante hay que tener en cuenta en el caso de esta parcela, que los análisis se efectuaron inmediatamente después de la cosecha, cuando el suelo está más esquilmao y con niveles de nitrógeno mineral más bajos (12/7/00) mientras que en el caso de la parcela 1 estos se efectuaron tras el verano cuando los niveles de nitrógeno se habían recuperado al cesar la extracción (ver figura 3 de evolución a 0-30). Esto unido al hecho de que esta parcela de cultivo posea mayor

capacidad de retención de agua que la parcela 1 (limitando por tanto las pérdidas de N por lixiviación) explicaría la diferencia de comportamiento entre las dos parcelas.

Extracciones de nitrógeno por el cultivo y las malas hierbas

La figura nº 5 muestra las extracciones de nitrógeno llevadas a cabo por el cultivo (raíz-paja y grano) y las malas hierbas en el momento de la cosecha.

Los dos primeros años, de crecimiento aceptable de trigo, las extracciones fueron mayores y estas estuvieron alrededor de 150 kg N/ha. La diferencia entre ambos años radicó en la menor extracción por parte del grano en 1999, ya que como consecuencia de los problemas de asurado quedó en la paja gran cantidad de nitrógeno. En 2000 las extrac-

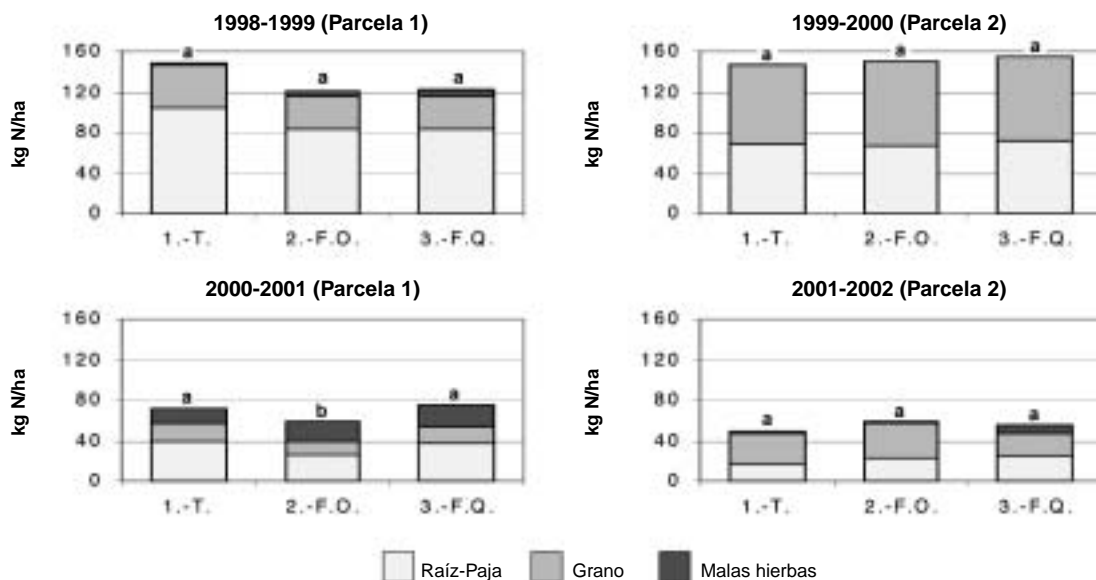


Figura 5. Extracciones de nitrógeno (kg/ha) de las distintas fracciones de biomasa (raíz-paja, grano y malas hierbas). T: testigo, F.O.: fertilización orgánica, F.Q.: fertilización química.

Columnas con letras distintas en cada año difieren significativamente ($p < 0,05$ en el test LSD).

Figure 5. Nitrogen extraction (kg/ha) of the different biomass fractions (Root - straw, grain and weeds). T: Check, F.O.: Organic fertilizer. F.Q.: Chemical fertilizer. Columns with different letters at each year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.

ciones del grano fueron mayores a las de la paja ya que se dieron unas mejores condiciones climáticas para el llenado de éste.

En los años de cebada (2000-01 y 2001-02) las extracciones fueron menores, consecuencia del escaso desarrollo del cultivo por los problemas climáticos que se describirán. En 2000-01 se produjeron menos extracciones significativamente con abonado orgánico, sin una explicación muy clara, ya que, aunque ese año el periodo de cultivo fue muy corto, de febrero a junio, y es posible que el nitrógeno del compost no pasara a formas asimilables por el cultivo, los contenidos iniciales y finales de $N-NO_3^-$ en el suelo fueron muy similares a los de las parcelas sin fertilizar (figura 4) y no parece que existan carencias de este elemento en ningún momento. Este año, las malas hierbas extrajeron una importante fracción del nitrógeno total dando idea del poder competitivo de éstas si no son controladas adecuadamente.

Respecto al contenido en nitrógeno de las distintas fracciones de biomasa (tabla 5) sólo un año se observaron diferencias significati-

vas a favor de la fertilización química (caso de la raíz-paja en 2002). Pero, además, también hubo mayor porcentaje de nitrógeno en el resto de años y fracciones de biomasa (incluyendo el grano, la parte más importante a tener en cuenta) cuando se aplicó fertilizante químico, si exceptuamos el caso de las malas hierbas en 1999 que representaron una parte muy escasa. Van Herwaarden *et al.* (1998) en condiciones semiáridas, observaron mayor porcentaje de nitrógeno en grano al incrementar la dosis de nitrógeno y ello sin aumentar la cosecha, coincidiendo estos resultados con los nuestros en ambos aspectos. Sin embargo, el compost tampoco hizo incrementar el contenido de nitrógeno en el conjunto de la biomasa. Ciria *et al.* (1998) estudiaron la influencia de fertilizantes orgánico o químico en el porcentaje de proteína en cebada, no encontrando efecto del fertilizante orgánico (11,06%) frente al testigo (10,58%) pero sí del abonado químico (13,01%) estando por tanto estos datos, en consonancia con nuestros resultados generales.

Tabla 5. Porcentaje de N de las distintas fracciones de biomasa (raíz-paja, grano y malas hierbas)
Table 5. Percentage of nitrogen of the different biomass fractions (Root - straw, grain and weeds)

Año Tipo fertilización	1998-1999 (Parcela 1)			1999-2000 (Parcela 2)		
	Raíz-paja	Grano	Malas hierbas	Raíz-paja	Grano	Malas hierbas
Trigo						
1. Testigo	1,17 a	3,33 a	1,69 a	0,86 a	2,75 a	-
2. F. orgánica	1,11 a	3,27 a	1,87 a	0,86 a	2,79 a	-
3. F. química	1,23 a	3,41 a	1,67 a	0,91 a	2,95 a	-
Año Tipo fertilización	2000-2001 (Parcela 1)			2001-2002 (Parcela 2)		
	Raíz-paja	Grano	Malas hierbas	Raíz-paja	Grano	Malas hierbas
Cebada						
1. Testigo	1,15 a	2,11 a	1,22 a	0,85 b	1,96 a	3,23 a
2. F. orgánica	1,03 a	1,99 a	1,08 a	1,11 b	2,00 a	3,18 a
3. F. química	1,14 a	2,22 a	1,23 a	1,40 a	2,07 a	3,40 a

Cifras con letras distintas en cada fracción y año difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.
Numbers with different letters in every biomass fraction and year differ significantly ($p < 0,05$) in the LSD test.

En resumen se puede decir que las extracciones han sido fundamentalmente iguales y que sólo en un año se vieron afectados por el tipo de fertilización. Esto es lógico, ya que analizando los datos de suelo, en ningún momento, ni bajo ningún tipo de fertilización, se considera que haya existido déficit de nitrógeno que limitara el desarrollo de cultivo. Ello explica de manera clara por qué no se han producido diferencias en el resto de parámetros de biomasa y productivos como se verá. Las condiciones climáticas han sido las que han condicionado los rendimientos y no los diferentes tipos de fertilización que aportaron un pequeño porcentaje de nitrógeno respecto al que ya poseía el suelo en el momento de la siembra en todos los años.

Balance parcial de $N-NO_3^-$ según el tipo de fertilización y parcela de cultivo

Las dos parcelas de cultivo presentan una dinámica algo diferente. Mientras en la 1 las pérdidas acumuladas y en cada periodo ana-

lizado por separado son muy grandes, en la 2 las pérdidas globales son mucho más moderadas y en periodos parciales existen incluso ganancias (figura 6). El hecho que justifica este comportamiento sería el distinto contenido de nitratos de partida, bastante más alto en el caso de la parcela de cultivo 1 que en la 2, ya que, aún en condiciones de sequo, con cantidades tan altas de nitratos, se pueden producir importantes pérdidas por lixiviación de este elemento (López Bellido *et al.*, 1997), pues sólo hace falta una lluvia de cierta intensidad (normalmente en esta zona en otoño-invierno) que supere la zona de raíces. Otro hecho que justificaría este comportamiento diferente vendría determinado por la capacidad de retención de agua estimada para la parcela 1 en 136 mm mientras que en la 2 fue de 170 mm. Lógicamente se produce antes percolación en la parcela 1 y por tanto, mayor riesgo de perdidas por lixiviación. Así parece confirmarse ya que a parte de las pérdidas globales las hay en los tres periodos parciales considerados.

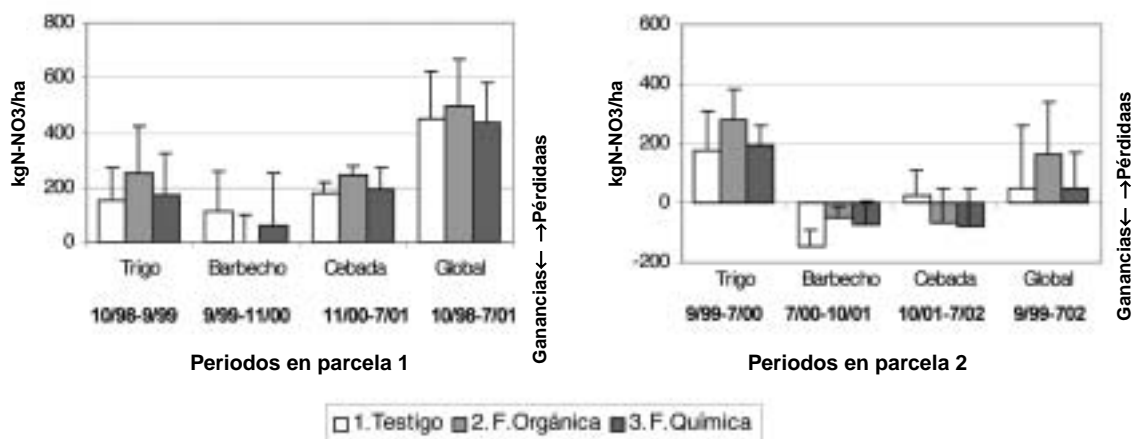


Figura 6. Balance parcial de $N-NO_3^-$ según fertilización, periodo de cultivo y parcela. Las barras verticales muestran la desviación estándar. Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) en el test LSD.

Figure 6. Partial balance of $N-NO_3^-$ according to the fertilization type, crop period and plot. Vertical bars indicate the standard deviation. In the same date, differences between fertilization type were insignificant in the LSD test ($p < 0,05$).

En la parcela 2 las pérdidas son menores y limitadas prácticamente al primer periodo considerado, que si fueron importantes. Por el contrario, en los otros dos casos predominaron las ganancias de nitrato. La mineralización del elevado contenido de materia orgánica, unido a la falta de extracción vegetal al estar en periodo de barbecho, hicieron posible una ganancia neta de este nutriente que quedó en disposición para el cultivo siguiente de cebada. En este último periodo, se produjeron ganancias de nutrientes en parcelas fertilizadas de una u otra forma, ya que parte del abonado aplicado quedó acumulado en el momento de la cosecha, favorecido por las escasas extracciones del cultivo, aunque podría perderse posteriormente si no es aprovechado por otro cultivo. Abad et al. (1996) y Angás (2001) también observaron acumulación de nitrato en el momento de la cosecha con las dosis más altas de nitrógeno al no ser extraído por el cultivo.

Respecto a las pérdidas según el tipo de fertilización aplicada, cabe destacar que se producen muy pocas diferencias en las dos parcelas de cultivo. El hecho que quede mayor cantidad de nitrógeno en parcelas fertilizadas químicamente en las dos parcelas de cultivo (aún a riesgo de ser perdido posteriormente) hace que el balance quede igualado con las parcelas sin fertilizar. En contra de lo que cabría esperar, las mayores pérdidas se producen con el abonado orgánico y en las dos parcelas. Este hecho podría deberse a dos razones, a pérdidas directas en el N orgánico aplicado por percolación, ya que se aplica el abonado en noviembre, que es cuando el perfil del suelo puede contener más agua, o que la aplicación de este compost tuviera un efecto de inmovilización (Jenkinson, 1982) sobre el N presente (lo cual no debería considerarse una pérdida propiamente dicha) aunque esto teóricamente no debería ocurrir de acuerdo a la baja relación C/N del compost aplicado,

como se vio en el apartado de Material y Métodos.

Los abonados orgánicos pueden ser fuente de pérdidas por lixiviado de nitrato más frecuentemente que mediante la aplicación de fertilizantes químicos, ya que es más difícil sincronizar las necesidades de los cultivos con la puesta a disposición del nitrógeno en forma asimilable. Puede ocurrir que los nitratos procedentes de fuentes orgánicas aparezcan cuando el cultivo ya ha sufrido la carencia, y aparte de la repercusión negativa en el rendimiento, estos quedan en el suelo sin ser utilizados, con el riesgo de ser lixiviados si se producen lluvias (Cavero et al., 1997).

Influencia del tipo de fertilización en la evolución de la materia orgánica, el fósforo y el potasio

Se efectuó un análisis final de la materia orgánica, de fósforo y de potasio en los 30 primeros cm de suelo para estudiar como han influido los distintos tipos de fertilización en la evolución de estos parámetros tras más de 6 años de ensayo. Se consideró que de producirse cambios importantes en estos parámetros se producirían principalmente en la capa arable del suelo. Los resultados de partida y actuales se muestran en la tabla 6.

En general se observaron pocos cambios en estos tres parámetros. Se ha producido un ligero incremento en el porcentaje de materia orgánica en las parcelas fertilizadas de la parcela 1 y un ligero descenso en toda la parcela 2. Esto quizás pueda explicarse, en parte, por la mayor cantidad de restos incorporados en la parcela 1 y por el hecho de que la rotación en esa parcela ha incluido un periodo más de veza enterrada (tabla 7). El contenido de materia orgánica está influenciado, a largo plazo, por la cantidad de residuos devueltos, como explican Unger (1968) y Karlen et al. (1994).

Tabla 6. Evolución de la materia orgánica (M.O.), fósforo (Olsen) y potasio de 1997 a 2003 según el tipo de fertilización

Table 6. Changes in the organic matter, phosphorus and potassium (1997 to 2003) according to the fertilizer type

Fecha	Parcela cultivo 1			Parcela cultivo 2		
	1997			1997		
Tipo fertilización	M.O.(%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	M.O.(%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
-	2,62	21,93	325	2,72	21,88	328,5

Fecha	Abril 2003			Abril 2003		
	M.O.(%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	M.O.(%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
1. Testigo	2,52	23,83	241	2,44	20,76	265
2. F. orgánica	2,79	25,47	361	2,48	21,56	267
3. F. química	2,82	32,83	307	2,35	22,54	266

En 2003, las cifras en cada parámetro no difieren significativamente ($p < 0,05$ en el test LSD).

In 2003, the numbers in each parameter were insignificant in the LSD test ($p < 0,05$).

Tabla 7. Cantidades de materia seca devueltas al suelo (kg/ha) en cada campaña en el periodo 1997-2002 en cada parcela de cultivo y tipo de fertilización (M.h.: malas hierbas).

Table 7. Dry matter (kg/ha) incorporated into the soil in each year in the 1997-2002 period according to the plot and to the fertilization type (M.h.: weeds).

Año	1997		1998	1999		2001		2002	97-02
	Paja cebada	M.h.		Paja trigo	M.h.	Paja cebada	M.h.		
Parcela 1									
1. Testigo	7446	52	6991	8912	123	2567	1348	1978	29418 (± 5718)
2. F. orgánica	7615	80	7304	7426	258	1807	1745	1971	28208 (± 6862)
3. F. química	6789	52	6024	6679	449	2621	1900	1597	26113 (± 4508)

Año	1998		1999	2000		2002		98-02
	Paja cebada	M.h.		Paja trigo	M.h.	Paja cebada	M.h.	
Parcela 2								
1. Testigo	5934	1	5078	8026	0	2358	147	21543 (± 2915)
2. F. orgánica	6747	2	4850	7838	0	2240	137	21813 (± 1344)
3. F. química	6147	0	3863	7942	0	1753	136	19842 (± 2390)

Entre paréntesis la desviación estándar.

In brackets, standard deviation.

Respecto al fósforo, se observó un incremento de su cantidad en la fertilización química y en la parcela 1, aunque no lo hizo de forma

significativa frente a los otros tipos de fertilización que también lo hicieron (incluso el testigo) aunque de forma más ligera. Ello

unido a que no se confirma la tendencia en la parcela de cultivo 2, en la que se mantienen los niveles iniciales para los tres tipos de fertilización, hace pensar que no han existido variaciones de importancia afectadas por el paso del tiempo ni por el tipo de fertilización en el contenido de fósforo en el suelo.

El potasio sólo se vio incrementado por la fertilización orgánica en la parcela 1, aunque tampoco mostró diferencias significativas respecto a los otros dos tratamientos que presentaron valores más bajos que los iniciales, al igual que en los tres tipos de fertilización en la parcela 2. Quizás la tendencia general de este macronutriente sea a la baja, algo lógico dado los altos valores iniciales, y tampoco se vio afectado de forma significativa por el tipo de fertilización aplicada.

Como resumen global se puede decir que los tres elementos estudiados han mantenido los altos niveles iniciales, que la rotación llevada a cabo y el enterrado de la veza y residuos de cosecha han servido para mantener esta alta fertilidad inicial, considerando además que las bajas cosechas obtenidas en tres de los cuatro años han implicado bajas extracciones de estos macronutrientes.

Influencia del tipo de fertilización en los componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento no se vieron prácticamente afectados por el tipo de fertilización aplicada en tres de los cuatro años estudiados. Sólo en 2001-02 en parcelas fertilizadas químicamente hubo un significativo menor número de espigas por metro cuadrado en relación a la menor biomasa obtenida con ese tipo de fertilización en el último muestreo de biomasa. Sin embargo, otros autores han observado una mayor densidad de espigas al aumentar las dosis de N aplicado (Fowler et al., 1989; Campbell et al., 1993), aún en condiciones de escasez de agua.

A pesar de que no se produjeron diferencias significativas en el peso de 1000 granos, hay que indicar que este fue menor con aplicación de abonado químico en los cuatro años sin excepción, por lo que es posible que el nitrógeno aportado en estas condiciones de sequía fuera perjudicial, al menos, para este parámetro del rendimiento. Cantero-Martínez et al. (1995) y Le Gouis et al. (1999) observaron también un menor peso de los 1000 granos al incrementar la dosis de N en estos ambientes.

Comparando los dos años de trigo duro 98-99 y 99-00, el componente que marcó las diferencias del rendimiento final entre ambos años fue el peso de 1000 granos, pues en el primer año apenas se produjeron lluvias del 15 de mayo al 15 de junio lo que, unido a las altas temperaturas de final de mayo, produjo resultados negativos para el llenado del grano. Así, frente a los 23,5 gramos obtenidos como media de los tres tratamientos, la Asociación Española de Técnicos Cerealistas (1998) afirma que la media en Aragón para trigo duro 'Antón' es de 39 gramos. Por el contrario, en 1999-00 con una evolución de la biomasa del cultivo similar hasta mayo, y esta vez con las lluvias mejor distribuidas, se obtuvo un peso aceptable.

En cuanto a la cebada, en 2000-01, el número de espigas por metro cuadrado fue bajo, pero más lo fueron el de granos por espiga y el peso de los 1000 granos. La fecha tardía de siembra, la escasísima precipitación durante el cultivo y la infestación de vallico contribuyeron a que se obtuvieran estos resultados tan pobres, ya que prácticamente no se produjo ahijamiento y el vigor del cultivo fue muy reducido. En la campaña siguiente, aunque el número de espigas por metro cuadrado fue menor y también el número de granos por espiga, un peso de 1000 granos aceptable hizo que se obtuviera una cosecha algo mejor, sobre

Tabla 8. Componentes del rendimiento del cultivo según el tipo de fertilización
 Table 8. Cereal yield components according to the fertilization type

Año Tipo fertilización	Parcela cultivo 1 1998-1999			Parcela cultivo 2 1999-2000		
	Nº espigas/m ²	Nº granos/ 10 espigas	Peso 1000 (g)	Nº espigas/m ²	Nº granos/ 10 espigas	Peso 1000 (g)
Trigo						
1. Testigo	281 a	242 a	24,3 a	338 a	272 a	34,7 a
2. F. orgánica	283 a	225 a	24,3 a	336 a	275 a	33,9 a
3. F. química	283 a	233 a	22,2 a	342 a	263 a	33,7 a
Cebada						
Año						
Tipo fertilización						
	Nº espigas/m ²	2000-2001 Nº granos/ 10 espigas	Peso 1000 (g)	Nº espigas/m ²	2001-2002 Nº granos/ 10 espigas	Peso 1000 (g)
1. Testigo	393 a	162 a	23 a	300 a	146 a	32,0 a
2. F. orgánica	329 a	148 a	24 a	336 a	145 a	32,0 a
3. F. química	358 a	164 a	22 a	233 b	140 a	30,4 a

Cifras con letras distintas en cada componente de rendimiento y año, difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.

Numbers with different letters in every yield component and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD.

todo en lo que respecta a la calidad de grano. En este caso la sequía durante todo el periodo del cultivo fue la causa determinante de que hubiera poca densidad de espigas y pocos granos por espiga. Sin embargo la aparición de cierta cantidad de lluvia en mayo-junio (117 mm) hizo que el llenado del grano fuera aceptable a pesar de que la cosecha obtenida, que como se verá, fue escasa.

Influencia del tipo de fertilización en la producción de grano

Los datos de producción obtenidos apenas reflejaron diferencias importantes entre tratamientos en ninguno de los cuatro años analizados. Lo más destacable fue que no se obtuvo mayor cosecha mediante el uso de fertilizante químico en ningún caso sino que, paradójicamente, en las parcelas sin fertilizar se obtuvo la mejor cosecha duran-

te dos años (parcela de cultivo 1) y en la media general de los cuatro años, aunque sin diferencias significativas.

Así pues, la fertilización convencional química resultó, en todo caso, contraproducente para la cosecha en esa situación. El componente de rendimiento que explicaría esto sería el menor peso 1000 granos, también menor en todos los años para la fertilización química, como se vio en el apartado anterior. En el último año, además se unió el hecho de obtener una menor densidad de espigas. Angás (2001) explica que en zonas semiáridas del valle del Ebro, el abonado nitrogenado a final del invierno favorece el ahijado del cultivo con relativa humedad. Sin embargo, la habitual escasez de agua al final del periodo del cultivo no permite un correcto llenado de grano para ese mayor número de espigas generado y es la razón de ese menor peso del grano. No

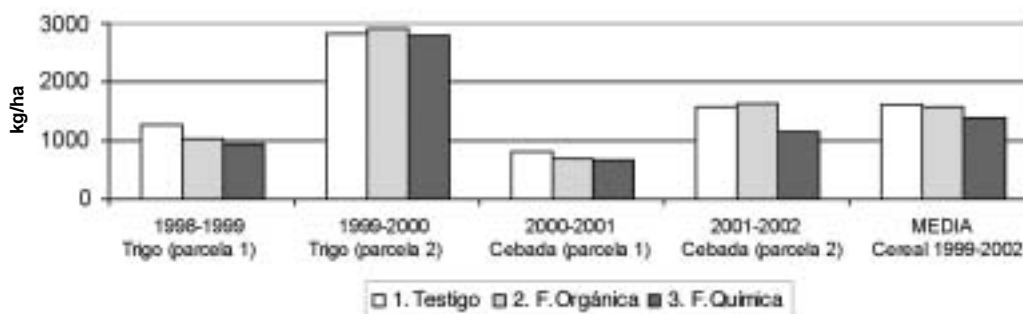


Figura 7. Producción de grano según el tipo de fertilización.

Las columnas en cada año no difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.

Figure 7. Cereal yield according to the fertilization type.

In each year, differences between fertilization type were not significant in the LSD test ($p < 0,05$).

obstante, en sus estudios, sí obtuvo mayor cosecha con dosis moderadas de N (50 kg N/ha) que sin aplicar abono, ya que el mayor número de espigas compensó el menor peso de los granos. Sin embargo, esta tendencia se paralizó al aplicar 125 kg N/ha. En nuestro caso no apreciamos esa mayor densidad de espigas y de ahí que el rendimiento fuera menor con fertilización química. Ni siquiera el año de climatología más favorable (99-00) en el que se obtuvo mejor cosecha globalmente, resultó favorable a este tipo de fertilización.

La fertilización orgánica obtuvo una ligera mejor cosecha en la parcela de cultivo 2, indistintamente en trigo y cebada, aunque es difícil atribuir esto a las propiedades del compost dada la evolución del nitrógeno observada en apartados anteriores. De forma más clara, González *et al.* (1992) obtuvieron mejores cosechas con compost que con abonado químico, a su vez mayor que el testigo, pero con aplicaciones mucho mayores de 20 t/ha.

Por último, hay que destacar que sin aplicar ningún tipo de fertilización se obtuvo igual cosecha, cuando no mejor, que aplicando

cualquier tipo de fertilizante. Algunos autores (Smith *et al.*, 1987; Christian *et al.*, 1992; Shennan, 1992) afirman que mediante el enterrado en verde de una leguminosa se pueden incorporar de 10 hasta 200 kg N/ha para el siguiente cultivo. En este caso el aporte de 100 u. adicionales de N puede quedar enmascarado o resultar excesivo por el nitrógeno ya existente en el suelo. Así, algunos autores afirman que incluyendo leguminosas en las rotaciones se puede incluso eliminar el aporte de fertilizantes nitrogenados sin merma de cosecha (Neely *et al.*, 1987; Granstedt, 1990; Matheson *et al.*, 1991; Campbell *et al.*, 1991). No obstante hay que decir que algunos autores tampoco han obtenido respuesta positiva a la fertilización química, sin enterrado previo de ninguna leguminosa, en zonas semiáridas de Aragón (Betrán y Pérez Berges, 1997) o de Australia (Van Herwaarden *et al.*, 1998), donde la producción de trigo disminuyó conforme se aumentó la dosis de nitrógeno aplicada. Estos hechos indicarían que existen pocas ocasiones, en las condiciones de nuestros ensayos, en las que un abonado, químico u orgánico, incrementa

la cosecha de forma significativa como ya se ha indicado Pardo et al. (2004).

De los resultados referentes al nitrógeno y otros parámetros de fertilidad del suelo, se deduce que el nivel de nutrientes generados por los restos del cultivo y por la mineralización de la materia orgánica durante el periodo de barbecho o veza (muy elevada para tratarse de una zona semiárida), fue suficiente para mantener las producciones que normalmente son bajas. Ni siquiera en el único año en que se obtuvo una buena cosecha (1999-00) se resintió la producción en parcelas sin fertilizar.

Conclusiones

1. En los 30 primeros cm de suelo, las parcelas fertilizadas orgánicamente no lograron incrementar el contenido de nitrato a la salida del invierno en relación a las parcelas sin fertilizar. Sin embargo, las fertilizadas químicamente tuvieron un contenido de este nutriente significativamente mayor que aquellas en que se aplicó compost o no se abonó.
2. El balance parcial de nitrógeno mostró importantes pérdidas de nitrato en la parcela de cultivo 1, incluso en parcelas sin fertilizar y moderadas en la parcela 2, para todos los sistemas de fertilización aplicados.
3. Los altos niveles de materia orgánica (2,67%) y fósforo (21,90 ppm) iniciales se han mantenido tras más de 6 años de ensayos, incluso en las parcelas sin fertilizar. El potasio descendió ligeramente. Se considera que la rotación llevada a cabo, junto con el enterrado de los restos de cosecha, ha sido suficiente para mantener los contenidos de nutrientes.
4. Las extracciones de nitrógeno por parte de la biomasa total producida (grano, paja y

malas hierbas) no se vieron influidas significativamente por el tipo de fertilizante utilizado o su no utilización.

5. Los componentes del rendimiento (número de espigas/m², número de granos/espiga y peso de 1000 granos) no se vieron afectados por los niveles de fertilización estudiados. Únicamente en 2002 en número de espigas/m² fue significativamente menor al aplicar fertilizante químico.
6. En los cuatro años ensayados, la aplicación de fertilizante químico u orgánico no indujo incremento alguno de producción de grano en las condiciones ensayadas. Los nutrientes de partida existentes en el suelo fueron suficientes para mantener unas producciones bajas, limitadas por las condiciones semiáridas, y los aportes suplementarios en formas químicas u orgánicas no se tradujeron en aumento de cosecha, en este suelo con alto contenido inicial de materia orgánica y macronutrientes.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación de los proyectos INIA SC 96081 y RTA 01-108.

También queremos expresar nuestra gratitud al Dr. Bonilla del Laboratorio Agroambiental del Gobierno de Aragón en Zaragoza por su amable disposición y facilidad para realizar los análisis de nitrógeno en planta y suelo, así como a Fernando Arrieta y Maria León por su inestimable ayuda.

Bibliografía

- Abad A, Lloveras J, Michelena A, 1996. Efecto del abonado nitrogenado en la producción y calidad del trigo y en el contenido de nitratos

- residuales del suelo. Seminari Dinamica del Nitrogen en el Sòl. 31 d'octubre 1996. En el marc del 2º curs d'Engenyeria Ambiental: Eliminació biològica de nutrients en aigües residuals. Lleida, 49-53.
- Angás P, 2001. Análisis de la influencia de las técnicas de laboreo y fertilización nitrogenada sobre la dinámica del agua y del nitrógeno en el suelo en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en zonas áridas o semiáridas del Valle del Ebro. Agronomía y modelización. Tesis doctoral. ETSEA, Lérida. 151pp.
- Asociacion Española de Técnicos Cerealistas, 1998. Encuesta de Calidad de los trigos españoles. Cosecha 1998. AETC, Madrid.
- Betran JA, Pérez Berges M, 1997. "Respuesta del cereal en secano al abonado N P K". Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. Información Técnica nº 30, 16 pp.
- Campbell CA, Selles F, Zetner RP, Mcconkey BG, 1993. Available water and nitrogen effects on yields componets and grain nitrogen of zero-till spring wheat. *Agronomy Journal*, 85: 114-120.
- Campbell CA, Schnitzer M, Lafond GP, Zetner RP, Knipfel JE, 1991. Thirty year crop rotation and management practices effects on soil amino nitrogen. *Soil Science of America Journal*, 55: 739-745.
- Cantero-Martínez C, O'leary GJ, Connor DJ, 1995. Stubble retention and nitrogen fertilization in a fallow-wheat rainfed cropping systems. Soil water and nitrogen conservation, crop growth and yield. *Soil and Tillage Research*, 34: 79-94.
- Cavero J, Plant RE, Shennan C, Friedman DB, 1997. The effect of nitrogen source and crop rotation on the growth and yield processing tomatoes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47: 271-282.
- Christian DG, Goodlas G, Powlson DS, 1992. Nitrogen uptake by cover crops. *Aspects of applied Biology*, 30: 291-300.
- Ciria MP, Sánchez MR, Moyano A, 1998. Contenido proteínico en grano y su relación con el aporte de nutrientes. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE*. 479-485.
- Fenn LB, Hosner LN, 1985. Ammonia volatilisation from ammonium or ammonium nitrogen fertilizers. In *Advances in Soil Science*. Volume 1. En Stewart, B.A. (ed.) New York: Springer-Verlag. 124-157.
- Ferández-Pascual M, De Maria N, De Felipe M, 2002. Fijación biológica del nitrógeno: Factores limitantes. En Fernando Valladares (editor) *Ciencia y medio ambiente*. CSIC, España. 195-202.
- Fowler DB, Brydon J, Baker RJ, 1989. Nitrogen fertilization of no-till and winter wheat and rye I. Yield and agronomic responses. *Agronomy Journal* 81: 66-72.
- González JL, Benítez IC, Pérez IM, Medina M. 1992. Pig slurry compost as wheat fertilizers. *Bioresource Technology*, 40: 125-130.
- Granstedt A, 1990. The supply and conservation of nitrogen in alternative farming –ecological agriculture– *Proceedings of the ecological agriculture*. Uppsala (Sweden) 163-177.
- Helrich K, 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Edit. AOAC. 1.297 pp
- Jenkinson DS, 1982. The nitrogen cycle in long term field experiments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 296: 563-571.
- Karlen DL, Vervel GE, Bullock DG, Cruse RM, 1994. Crop rotations for 21 st century. *Advances in Agronomy*, 45: 1-45.
- Labrador J, 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. MAPA. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 293 pp.
- Le Gouis J, Delebarre O, Beghin D, Heumez E, Pluchard P, 1999. Nitrogen uptake and utilization efficiency of two-row and six-row winter barley cultivars grown at two N levels. *European Journal Agronomy*. 10: 73-79.

- Lezaun JA, Lafarga A, Armesto AP, Irañeta J, 2001. Nutrición nitrogenada de los cereales. *Navarra Agraria*, 126: 24-31.
- López-Bellido L, López-Garrido FJ, Fuentes M, Castillo JE, Fernández EJ, 1997. Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research*, 43: 277-293.
- Mackenzie AF, Fan MX, Cadrin F, 1997. Nitrous oxide emission in three years as affected by tillage, corn-soybean-alfalfa rotation, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 27: 698-703.
- Mathenson N, Kirschenmann F, 1991. Cereal legume cropping systems: nine farm case studies in the dryland Northern Plains, Canadian Prairies and Intermountain Northwest. Alternative Energy Resources Organization, 75 pp. USA.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1987. Caracterización agroclimática de la provincia de Zaragoza. Madrid. 1987.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994. Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III.
- Mitchell WH, Teel MR, 1997. Winter annual cover crops for no tillage corn production. *Agro-nomy Journal*, 69: 569-573.
- Neely CL, Mcvay KA, Hargrove WL, 1987. Nitrogen contribution of winter legumes to no-till corn grain sorghum. In the Role of Legumes in Conservation Tillage Systems, J.F. Power (ed). SCSA. Ankeny. Iowa, 48-49.
- Ordóñez R, González P, Giráldez JV, 1997. Deterioro de la calidad nitríca de los acuíferos de una cuenca agrícola en el valle del Guadalquivir. XV Congreso Nacional de Riegos 25-27 Jun. Lérida.
- Pardo G, Aibar J, Ciria P, Cristóbal MV, De Benito A, Estalrich E, García Martín A., García Murie-das G, Labrador C, Lacasta C, Lafarga A, Lezaún JA, Meco R, Villa F, Zaragoza C, 2004. Influencia del tipo de fertilización y desherbado en una rotación de cereales en secano. *ITEA*. Vol. 100: 1, 34-50.
- Ryser J, Pittet P, 2000. Influence du sol et de la fumure sur les cultures et le drainage des éléments fertilisants. *Revue Suisse Agriculture* 32(4): 159-164.
- Shennan C, 1992. Cover crops, nitrogen cycling, and soil properties en semi-irrigated vegetable production systems. *HortScience*, 27: 749-754.
- Smith MS, Frye WW, Varco JJ, 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Science*, 7: 95-139.
- Smith, KA, Chambers BJ, 1993. Utilizing the nitrogen content of organic manures on farms- problems and practical solutions. *Soil Use Management* 9: 105-112.
- Unger PW, 1968. Soil organic matter and nitrogen change during 24 years of dryland wheat tillage and cropping practices, *Soil Science Society American. Procedures* 32: 426-429.
- Urbano P, 1995. Tratado de Fitotecnia General. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Van Herwaarden AF, Farguhar GD, Angus JF, Richards RA, Howe GN, 1998. "Haying-off" the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 7: 1067-1081.
- Wadman P, Neeteson JJ, 1992. Leaching losses from organic manures-the Dutch experience. In: Archer et al. (eds) Aspects of Applied Biology N° 30. Nitrate and Farming Systems, 117-126.

(Aceptado para publicación el 29 de abril de 2005)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2005
DE LA
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

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

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2005. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 E cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2004-05-06

CIHEAM

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

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

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

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

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

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

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

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

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

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

INFORMACIÓN PARA AUTORES

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

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

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

Sr. Director de la Revista ITEA
Apartado 202
50080 ZARAGOZA

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

Al principio de cada trabajo se indicará:

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

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

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

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

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

Además:

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

- los nombres de los productos químicos deben comenzar con minúsculas (p. ej., progesterona en vez de Progesterona; sulfato de metilo en vez de Sulfato de Metilo).
- los nombres y fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej., H_2SO_4 en vez de SO_4H_2) y los comerciales se escribirán con la inicial en mayúscula (p.ej., Foligón, Sincrozoo, etc.);
- las llamadas en nota a pie de página o cuadro, que deberán ser las menos posibles y, en todo caso, hechas mediante números correlativos entre paréntesis; ejemplo (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo
- el nivel de significación estadística, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; NS = no significativo, no necesitan explicación.

Tablas y Figuras

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

Bibliografía

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

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

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

Ejemplos:

Artículos en revistas:

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

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

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

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

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

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

Comunicaciones de Congresos:

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

Capítulos de libros:

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

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

Dirección postal

Teléfono

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

Área en que desarrolla su actividad profesional

CUOTA ANUAL: Firma.

ITEA 30 €

FORMA DE PAGO:

Cargo a cuenta corriente o libreta

Cargo a tarjeta

Cheque bancario

VISA

Tarjeta número:

MASTERCARD

□□ □□□□□□□□□□□□□□□□

Fecha de caducidad: /

SR. DIRECTOR DE.....

Muy Sr. mío:

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

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS:

SUCURSAL:

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: N.º

CÓDIGO POSTAL:

POBLACIÓN:

